





HANDBUCH

DER GESAMMTEN

AUGENHEILKUNDE.

ERSTER BAND.

HANDBUCH

DER GESAMMTEN

AUGENHEILKUNDE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. ARLT IN WIEN, PROF. JUL. ARNOLD JUN. IN HEIDELBERG, PROF. AUBERT IN ROSTOCK, PROF. O. BECKER IN HEIDELBERG, PROF. FÖRSTER IN BRESLAU, PROF. ALFRED GRAEFE IN HALLE, PROF. HIRSCH IN BERLIN, PROF. IWANOFF IN KIEW, DR. LANDOLT IN UTRECHT, PROF. LEBER IN GÖTTINGEN, PROF. LEUCKART IN LEIPZIG, PROF. MANZ IN FREIBURG, PROF. MERKEL IN ROSTOCK, PROF. MICHEL IN ERLANGEN, PROF. NAGEL IN TÜBINGEN, PROF. SAEMISCH IN BONN, PROF. SCHIRMER IN GREIFSWALD, PROF. SCHMIDT IN MARBURG, DR. SNELLEN IN UTRECHT, PROF. SCHWALBE IN JENA, PROF. WALDEYER IN STRASSBURG, PROF. VON WECKER IN PARIS

REDIGIRT VON

PROF. **ALFRED GRAEFE** IN HALLE und PROF. **THEOD. SAEMISCH** IN BONN.

ERSTER BAND.

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

ERSTER THEIL.

MIT 189 FIGUREN IN HOLZSCHNITT UND EINER LITHOGRAPHIRTEN TAFEL.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1874.


UNIVERSITY
MAY 74
MUSEUM
LIBRARY

DEM ANDENKEN

ALBRECHT VON GRAEFE'S.

VORWORT.

Die Bearbeiter des vorliegenden Handbuches der gesammten Augenheilkunde haben es, wohl im Sinne der meisten ihrer Fachgenossen, als ein unabweisbares Bedürfniss erkannt, in ausführlicher, den wissenschaftlichen und praktischen Forderungen gleichmässig Rechnung tragender Darstellung der durch die Forschungen und Arbeiten der letzten Decennien so vollständig neugestalteten Lehre von der normalen und krankhaft veränderten Beschaffenheit des Sehsinns einen lebendigen Ausdruck zu geben.

Wenn jene Bereicherungen unserer Wissenschaft auch zweifellos in fast allen während der letzten Jahre erschienenen Handbüchern in dankenswerther Weise zu Tage traten, so dürfte doch die nothwendige Beschränkung, welcher die Autoren der Lehrbücher in mehr oder weniger glücklicher Weise sich zu accommodiren verstanden, immerhin ein Hinderniss gewesen sein, jene Aufgabe in einer allseitig befriedigenden Form zu lösen.

Wir beabsichtigen den gegenwärtigen Stand der Ophthalmologie mit vorzugsweiser Berücksichtigung der Arbeiten, der wir die Neugestaltung derselben verdanken, unter beständiger Beziehung zu den einschlägigen anatomischen, physiologischen und allgemein pathologischen Bereicherungen des grossen medicinischen Mutterkörpers, durch Vorführung lebendiger Krankheitsbilder in einer Reihe von

Inhalt.

Capitel I.

Makroscopische Anatomie

von

Fr. Merkel,
Professor in Rostock.

I. Orbita.

§ 1. Die symmetrischen zu beiden Seiten der Nase liegenden, den obersten Theil des Gesichtsschädels bildenden Augenhöhlen (*Orbitae*) zeigen, wenn auch durchaus nicht streng mathematisch, die Gestalt von liegenden vierseitigen Pyramiden, ausgehöhlt und mit den Spitzen convergirend.

Die Grundflächen fehlen, sie sind durch grosse Oeffnungen dargestellt, welche nach vorne auf die äussere Oberfläche des Gesichtes münden. Die Spitzen, welche an den hintersten, medianwärts gelegenen Ecken der Orbitae zu suchen sind, werden ebenfalls nur durch Oeffnungen repräsentirt, die Eingänge zu kurzen Canälen, die die Augenhöhle mit der Gehirnhöhle in Verbindung setzen — *Canales nervorum opticorum* (Fig. 1. *CO*).

Fig. 1.

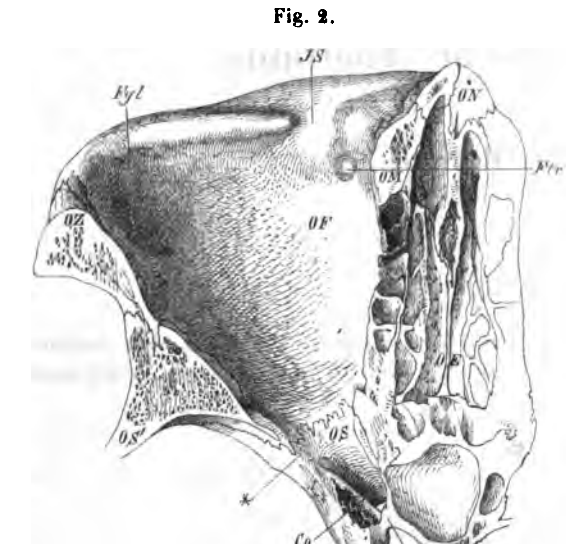
R. Orbita. Ansicht von vorne. Der Schädel ist unbedeutend aus seiner Horizontalstellung gehoben und etwas nach links gedreht. *OF* Stirnbein. *OZ* Wangenbein. *OM* Oberkieferbein. *ON* Nasenbein. *CO* Canalis nervi optici. *Fos* Fissura orbitalis superior. *Foi* Fissura orbitalis inferior. *Fe* Foramina ethmoidalia. *Fl* Fossa lacrymalis. *Ci* Canalis infraorbitalis. *Ci'* dessen Gesichtsöffnung. *zt* Canalis zygomatico-temporalis. *zf* Canales zygomatico-faciales. *Srl* Spina m. recti lateralis. *IS* Incisura supraorbitalis. *As* Arcus superciliaris.

Auch die vier Seitenwände jeder Augenhöhle sind nicht völlig solid, sondern von Spalten und Löchern zur Verbindung der Orbita mit den anliegenden Höhlen des Schädels durchbrochen, oder durch sie von einander getrennt.

Sieben verschiedene Knochen des Schädels und des Gesichtes tragen zur Bildung dieser Wandungen bei und zwar so, dass immer zwei oder mehrere an der Herstellung einer Seite Theil nehmen.

§ 2. Die obere Wand (*Paries superior*) [1]) der Orbita lässt sich am wenigsten mit der planen Seitenfläche einer Pyramide vergleichen (Fig. 2).

Fig. 2.



Horizontalschnitt der r. Orbita ganz dicht am unteren Rand des Canalis nervi optici. *CO* Obere Hälfte. *OF* Stirnbein. *OS* Wespenbein. *OZ* Jochbein. *OM* Oberkieferbein. *ON* Nasenbein. *OE* Siebbein. *Fgl* Fossa glandulae lacrymalis. *Ftr* Fossa trochlearis. *JS* Incisura supraorbitalis. * Kante der Ala orbitalis oss. sph., welche die Schädelhöhe von der Orbita trennt. † Schnittfläche unter dem Canal. opticus.

Sie ist, so weit es ihre dreieckige Form gestattet, kuppelförmig, nach oben gewölbt, am stärksten vorne, wo der überhängende Augenhöhlenrand die Wölbung am tiefsten erscheinen lässt (Fig. 3), weniger nach hinten und nach den Seiten, obgleich auch hier die Abrundung so weit geht, dass die Grenze nach den beiden Seitenwänden kaum zu ziehen wäre, wenn nicht Knochennähte einen Anhaltspunkt gäben. Die Decke der Augenhöhle, die sich in dieser Weise nach beiden Seiten hin abgrenzt, wird gebildet durch die äussere Lamelle der horizontalen Platte des Stirnbeines (*Pars horizontalis ossis frontis*) Fig. 2 *OF*, der sich als hinterste Ecke noch ein kleiner Theil des kleinen Keilbeinflügels (*OS Ala orbitalis ossis sphenoidei*) anschliesst, welcher den *Canalis opticus* mit seinen beiden Wurzeln umgreifend lateralwärts zieht und sich mit feingezähnter Naht an den hinteren Rand der horizontalen Stirnplatte anlegt.

Die Dicke dieser Wand ist eine sehr geringe; die hinteren beiden Drittel sind stets durchscheinend und lassen die in der übergelagerten vorderen Schädelgrube reichlich vorhandenen *Juga cerebralia* und *Impressiones digitatae* erkennen (vergl. den Durchschnitt Fig. 3). Das vordere Drittel verhält sich gegen das durchfallende Licht verschieden, je nachdem die Schädelhöhle oder eine laterale Verlängerung der mit der Nase zusammen hängenden Stirnhöhle angrenzt. Im ersteren Falle erscheint die Wand auch hier dünn wie überall (Fig. 3 *Sf*), im anderen Falle aber könnte man hier wegen des dunklen Ansehens die Knochenschichte für sehr dicht halten, was jedoch nicht der Fall ist, indem nur der weite Abstand der inneren Knochentafel das durchfallende Licht abschliesst.

---

[1]) Lacunar.

Bei näherer Betrachtung der Gestaltung dieser oberen Wand fallen zwei Vertiefungen in die Augen, welche sich nahe dem vorderen Rand befinden. Die lateral gelegene Grube ist ohne scharfe Begrenzung und nimmt sich aus, wie ein leichter Fingereindruck, sie überbietet noch die allgemeine Wölbung der ganzen Fläche; nach dem Organ, welches sie beherbergt, der Thränendrüse, führt sie den Namen *Fossa glandulae lacrymalis Fgl.* Oft ist sie rauh (ZINN) wie mit kleinen Löchern versehen, wenn das Haftband der Drüse, welches sich hier inserirt, stark entwickelt ist. In einer grossen Zahl von Fällen aber unterscheidet sich ihre Textur nicht von der der übrigen Knochenfläche. Die andere Grube befindet sich nahe der medialen Grenze, 4—5 Mm. vom Augenhöhlenrand entfernt. Sie ist meist wohl umrandet, hier und da aber auch sehr seicht und unscheinbar und hat einen ungefähren Durchmesser von 5 Mm. Sie ist bestimmt die Rolle des oberen schiefen Augenmuskels aufzunehmen, wesshalb sie *Fossa trochlearis* genannt wird *Ftr.* Im übrigen ist die besprochene Wand glatt, meist von einigen kleinen, unansehnlichen Gefässfurchen durchzogen und zeigt, wie erwähnt, keine scharfe Begrenzung nach beiden Seiten, nur nach hinten ist sie durch eine unbedeutende Firste der *Ala orbitalis* des Keilbeines von der daselbst anliegenden mittleren Schädelgrube geschieden (Fig. 2*).

Die grosse Dünne dieser Wand auch im vorderen Theil muss besonders hervorgehoben werden; sie ist so bedeutend, dass im Alter bei dem allgemein stattfindenden Schwund der Knochensubstanz letztere nicht selten ganz resorbirt wird, so dass grössere oder kleinere Löcher entstehen und das Periost der Augen- und Hirnhöhle sich also direkt berühren. — Eine bedeutende Dicke dieser Wand beobachtet man nur im vorderen Drittel und auch da nur an sclerotischen Schädeln, deren Stirnhöhlen obliterirt sind.

Abnorme Nähte lassen die Orbitalplatte des Stirnbeines in mehrere Stücke, bis zu 12, zerfallen (HYRTL).

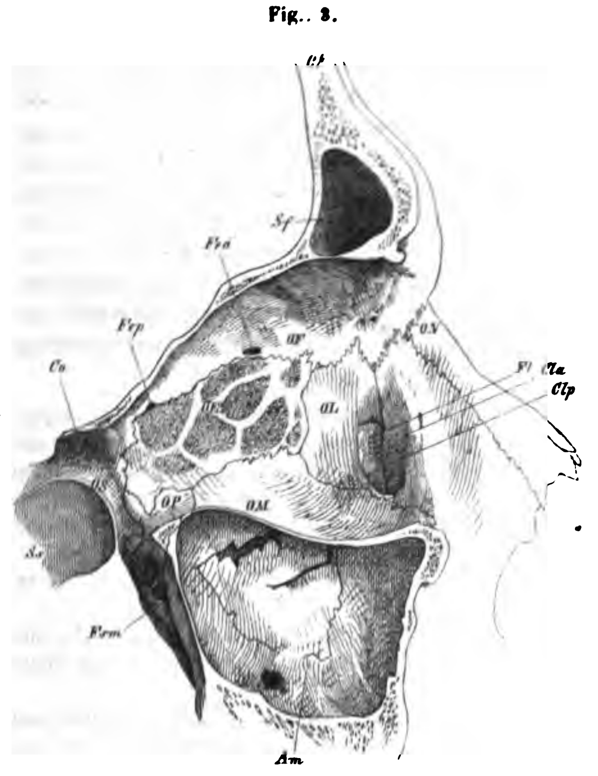
Hie und da weichen die beiden Lamellen der *Ala orbitalis* des Keilbeines auseinander und nehmen eine blindsackförmige Ausstülpung der Nasenschleimhaut auf, welche mit der Höhle des Keilbeinkörpers in Verbindung steht.

In allen Handbüchern findet man nach dem Vorgang von ZINN (p. 138), der Grube und Stachel beschreibt, neben einer *Fossa trochlearis* auch das Vorkommen einer *Spina trochl.* beschrieben. Doch ist die Grube allein das Normale, eine stachelförmige Hervorragung, die sich vorkommenden Falles stets neben der *Fossa trochlearis* und zwar an deren hinterer Seite findet, gehört zu den Seltenheiten, wie meine Vergleichung von 102 Schädeln beweist, die folgendes Resultat ergibt. Eine beidseitige *Fossa trochlearis* findet sich mehr oder weniger ausgebildet 86 mal, eine beidseitige *Spina* nur 7 mal, darunter 4 mal mit einer deutlichen *Fossa trochlearis* verbunden. Rechterseits fand sich eine *Spina* in 7 anderen Fällen, auch hiervon war 4 mal gleichzeitig eine tiefere *Fossa* vorhanden. Fälle wo nur linkerseits eine *Spina* ausgebildet war, kamen nicht zur Beobachtung.

§ 3. Die mediale, einem langgezogenen Rechteck gleichende Wand, mit welcher die obere in einer schwach gezähnten Naht zusammen stösst, ist vollkommen plan oder schwach nach der Augenhöhle gewölbt (Fig. 3). Sie besteht aus 3 verschiedenen durch glatte Nähte verbundenen Knochenplatten, deren grösste die Papierplatte des Siebbeins, *Lamina papyracea ossis ethmoidei OE*, in der Mitte liegt. Nach vorne schliesst sich an sie das kleine Thränenbein (*Os lacrymale OL*) an, nach hinten trägt noch der kleinste vorderste Theil des Keilbeinkörpers (*Corpus ossis sphenoidei OS*) mit zur Bildung dieser Fläche bei. Sie ist bei weitem die dünnste Wand der Augenhöhle, 0,2—0,4 Mm., und so durchscheinend, dass man

auch bei auffallendem Licht ohne Mühe die anliegenden Zellen der Nase wahrnimmt. Nicht in ihrer ganzen Ausdehnung ist sie jedoch gleichmässig geformt, sondern der vorderste 3—4 Mm. breite Abschnitt wölbt sich plötzlich medianwärts nach der Nase zurück, wodurch eine tiefe, halbrinnenartige Höhlung entsteht, welche nach vorn und hinten von scharfen Kanten begrenzt wird. Dieselbe ist bestimmt den Thränensack aufzunehmen und wird desshalb Thränengrube (*Fossa lacrymalis Fl*, genannt. Nach obenhin verflacht sie sich allmählig und verschwindet an der Grenze des Stirnbeines vollständig sammt ihren beiden Kanten; nach unten aber wird sie zunehmend tiefer und schliesst sich endlich am Anfang der unteren Wand zu dem später zu beschreibenden Thränencanal (*Canalis lacrymalis*). Die vordere Kante der Thränengrube (*Crista lacrymalis anterior Cla*) gehört dem Oberkieferbein an und ist nichts Anderes, als die Fortsetzung des die Augenhöhle umziehenden Randes. Die hintere Kante (*Crista lacrymalis posterior Clp*) ist dem Thränenbein eigen und trägt durch ihr unteres Ende, welches sich als Haken (*Hamulus lacrymalis*) nach vorne krümmt, ganz besonders zur Umgrenzung des Einganges in den Thränenkanal bei.

Fig. 3.



Sagittalschnitt der Orbita durch die Mitte der Gesichtsöffnung und des Canal. nervi optici. Mediale Wand derselben. Gesichtsöffnung etwas gehoben. *OF* Stirnbein. *Sf* dessen Sinus frontalis. *OS* Wespenbein. *Ss* dessen Sinus sphenoidalis. *OP* Processus orbitalis ossis palatini. *OM* Oberkieferbein. *Am* Antrum maxillare durch den Sägeschnitt geöffnet. *ON* Nasenbein. *OL* Thränenbein. *OE* Lamina papyracea des Siebbeines. *CO* Mediale Wand des durch den Schnitt halbirten Canalis nervi optici. *Fep* Foramen ethmoidale posterius. *Fea* For. ethm. anterius. *Fl* Fossa lacrymalis. *Cla* Crista lacrymalis anterior. *Clp* Crista lacrym. poster. *Fsm* Fissura spheno-maxillaris.

Bei Betrachtung der Seitenwand sind noch zwei Canäle zu erwähnen, welche aus der Orbita in benachbarte Höhlen des Schädels führen. Es sind dies die beiden *Foramina ethmoidalia* (*Fep* und *Fea*; Durchmesser $1\frac{1}{2}$ Mm. Henle). Sie liegen entweder in der Naht, welche die Papierplatte mit dem Stirnbein verbindet oder ganz im Stirnbein. Besonders vom vorderen ist dies fast Regel (Zinn). Das *F. e. anterius* leitet den *N. ethmoidalis* und die *Vasa ethm. anterior.* in die Schädelhöhle, während das *F. e. posterius* die gleichnamigen Gefässe zur Nasenhöhle bringt.

Die mediale Wand zeigt gegen die resorbirende Macht des Alters in ihren einzelnen Theilen eine merkwürdig verschiedene Widerstandsfähigkeit. Die Papierplatte ist trotz ihrer grossen Zartheit doch in den meisten Fällen, selbst bei sehr alten Leuten, unversehrt. Sehr selten sind grössere Substanzverluste derselben. Die Göttinger anatomische Sammlung besitzt einen Schädel (N. 2815), an welchem die ganze Decke einer über 1 Cm. breiten Siebbeinzelle resorbirt ist, wodurch eine Communication mit der Nase und eine Nebenhöhle der Orbita von der Grösse einer kleinen Kirsche erzeugt ist. Ein undurchbrochenes Thränenbein dagegen gehört bei ausgewachsenen Menschen zu den Seltenheiten, besonders die vordere der Thränengrube angehörige Hälfte zeigt fast stets Durchbohrungen. Die Resorptionsöffnungen können hier so gross werden, dass nur noch geringe Reste von Knochensubstanz übrig bleiben.

Es kann auch durch Nähte, die in verschiedener Richtung verlaufen, in mehrere Stücke getheilt werden (Schwegel, Henle), ferner kann sich im oberen (Rousseau, Gruber) und vorderen Rand (Rosenmüller, Luschka) ein Nebenthränenbein finden, und zuletzt kann durch Abtrennung des vordersten Endes der Papierplatte ein zweites hinteres Thränenbein, wie es bei manchen Thieren constant vorkommt, gebildet werden.

Von besonderer praktischer Wichtigkeit sind ferner die Varietäten des *Hamulus lacrymalis.* Derselbe kann einmal ganz fehlen und dann nach dem Zeugniss vieler Autoren (s. Schultz) als ganz selbstständiges Knöchelchen auftreten und drittens kann er sich verdoppeln (Schwegel). Der zweite Haken hat seine Lage in diesem Falle über dem eigentlichen *Hamulus*, entspringt im unteren Drittel der *Crista lacrym. poster.* und verläuft wie der ächte zur *Crista lacrym. ant.* hin.

Die Zahl der *For. ethmoid.* ist nicht ganz constant, doch ist nur das *F. e. poster.* als Gefässöffnung Varietäten ausgesetzt, das *F. e. anterius* scheint als Nervencanal wenig oder gar nie zu variiren. Ersteres kann nun ganz fehlen, oder wie es öfters vorkommt, sich verdoppeln. Vier *For. ethm.* gehören zu den grössten Seltenheiten (Luschka — Müllers Arch. 1857.)

§ 4. Die untere 0,5 — 1 Mm. dicke Wand der Augenhöhle ist durch eine sehr wenig gezahnte Naht mit der medialen verbunden. Sie hat keine völlig horizontale Lage, sondern steht medianwärts am höchsten, während ihre Fläche nach vorn und nach der lateralen Seite hin abschüssig geneigt ist. Nur im vorderen Drittel steht sie mit der lateralen Wand in directer Verbindung, hinten fällt sie sanft abgerundet in eine breite Spalte die *Fissura orbitalis inferior* ab, welche sie von der lateralen Wand trennt. (Fig. 4.)

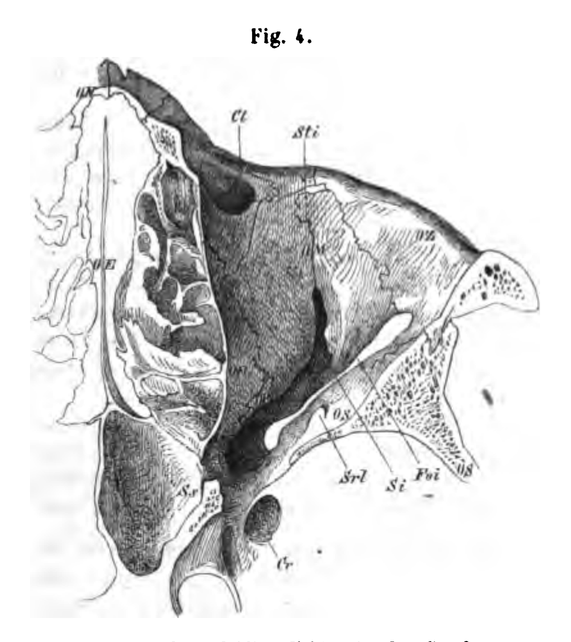
Sie ist, der oberen Wand correspondirend, dreiseitig, die Basis des Dreieckes nach vorne, die Spitze nach hinten und medianwärts gerichtet und wird von drei Knochen gebildet. Auch hier ist die Form, wie bei der medialen Wand, lediglich durch einen Knochen bedingt, die *Facies orbitalis* des Oberkiefers (*OM*), die beiden anderen vervollständigen nur die fehlenden Ecken. Der eine der *Processus orbitalis* des Gaumenbeins (*OP*) wird zur Spitze des Dreiecks und liegt desshalb am weitesten nach hinten. Der andere Knochen, das Wangenbein (*Os zygomaticum OZ*) sendet eine verschieden lange zungenförmige Platte von der Seite her zu dieser Wand und bildet so ihren vordersten am weitesten lateralwärts gelegenen Theil.

Ihre im Ganzen ebene und platte Oberfläche wird durch eine ca. 2 Mm. breite, 1 Mm. tiefe Furche in zwei entweder annähernd gleiche oder eine mediale grössere und laterale kleinere Hälfte getheilt. Diese Furche, der *Sulcus infraorbitalis*, *Si*, beginnt an der *Fissura orbt. infer.* (*Foi*) und läuft gerade von hinten nach vorn. Nach einem sehr verschieden langen Verlauf, oft gleich an seinem Beginne, oft auch vor der Mitte der ganzen Fläche senkt er sich schräg

nach vorne in die Tiefe, überwölbt sich mit Knochensubstanz und wird so zum *Canalis infraorbitalis*, welcher auf der Aussenfläche des Gesichtes in der Wangengegend, 4 Mm. unter dem Augenhöhlenrande, mündet (Fig. 1. *Ci'*). Es liegen in ihm die *Arteria* und der *Nerv. infraorbitalis.*

Die von der Seite her überwuchernde Knochenlamelle, welche den *Sulcus* zum Canale schliesst, vereinigt sich jedoch nicht bis zur Verwachsung mit dem medialen Rande, sondern es bleibt eine nur selten verschwindende Naht bestehen, die *Sutura infraorbitalis*, (*Sti*), welche am vorderen Ende des *Sulcus infr.* beginnend über den Rand der Augenhöhle weg zur oberen, medialen Umgrenzung der Gesichtsöffnung des *Can. infraorbit.* hin verläuft. Was medianwärts von ihr liegt, gehört dem Oberkieferkörper, was lateralwärts, dessen *Processus zygomatico-orbitalis* an.

Fig. 4.



Horizontalschnitt der r. Orbita, dicht unter dem Canal. nerv. optici. *OS* Wespenbein. *Ss* dessen Sinus sphenoidalis. *OP* Processus orbitalis des Gaumenbeines. *OE* Siebbein. *OM* Augenhöhlenfläche des Oberkieferbeines, *Sti* deren Sutura infraorbitalis. *OZ* Wangenbein. *ON* Nasenbein. *Foi* Fissura orbitalis inferior. *Si* Sulcus infraorbitalis nach vorne zum Canal geschlossen. *Cl* Eingang in den Thränennasencanal. *Srl* Spina m. recti lateralis. *Cr* Canalis rotundus.

Eine Durchlöcherung dieser Wand kommt über dem *Canalis infraorbit.* nicht selten vor, im Uebrigen ist sie sehr selten. Die Göttinger anatomische Sammlung besitzt einen Schädel, an dem sich beiderseits an der lateralen vordersten Ecke der unteren Wand der Augenhöhle ein ovales Loch von 13 Mm. Länge und 6 Mm. grösster Breite befindet, welches eine Communication der *Orbita* mit der betreffenden Kieferhöhle bedingt. Auch eine directe Communication der *Orbita* mit der Nasenhöhle wurde an dieser Wand beobachtet. So von SCHWEGEL (Ztschrf. f. rat. M. XI. 293) in der Naht zwischen Thränenbein und Oberkiefer, von HENLE weiter zurück zwischen letzterem und dem Siebbein.

Practisch nicht unwichtig ist ferner eine von LANGER dreimal beobachtete Varietät. Der *Canalis infraorbitalis* geht in den beschriebenen Fällen nicht durch, sondern um die Peripherie des Oberkiefers, liegt also in der Naht zwischen ihm und dem Jochbein. Der Verlauf der Nerven wird dadurch bogenförmig, ganz vom normalen mehr gestreckten abweichend.

Eine von HALBERTSMA beschriebene *Sutura infraorbital. transversa*, die von der *Incis. lacrymalis* des Oberkiefers ausgeht, ist practisch gänzlich unwichtig, weshalb hier nur auf das Original verwiesen wird.

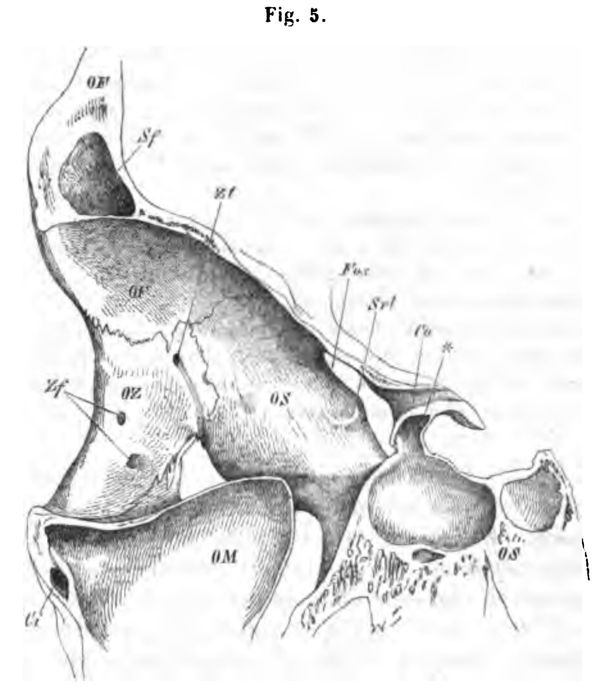
Ein Grübchen hinter dem Augenhöhlenrand dicht neben der Oeffnung des Thränenkanals zur Insertion des *Musc. obliqu. inf.*, wie es von manchen Autoren beschrieben wird, ist meist nicht deutlich nachzuweisen.

Die Varietäten des Jochbeintheiles der Augenhöhle, s. die Beschreibung des Augenhöhlenrandes.

§ 5. Die laterale Wand ist von allen die stärkste (1,5 — 2,0 Mm.). Sie ist wie die obere und untere von dreiseitiger Form und wird von zwei Knochen gebildet, die in einer häufig durch Schaltknochen unterbrochenen Naht zusammen hängen. (Fig. 5.)

Der hintere ist ein Stück des Wespenbeines, dessen *Ala temporalis* (*OS*), der vordere derjenige Theil des Jochbeines, der in seiner unteren Hälfte, wie oben beschrieben, die untere Wand bilden hilft. Die Abgrenzung des Wespenbeintheiles ist desshalb eine sehr scharfe, weil es nach oben und unten durch die beiden *Fissurae orbitales* begrenzt wird. Die untere Augenhöhlenspalte nimmt den ganzen unteren Rand des Temporalflügels ein, die obere aber gibt durch ihre Kürze noch Gelegenheit zu einer gezahnten Nahtverbindung desselben mit dem anstossenden Stirnbein. Der Jochbeintheil der lateralen Wand ist nur nach oben scharf abgegrenzt, wo sie ebenfalls, in einer Linie mit der *Ala tempor.* an das Stirnbein stösst, nach unten dagegen biegt er ohne nachweisbare Grenze vor der *Fissura orbit. inf.* vorbeistreichend, in die untere Wand um.

Fig. 5.



Sagittalschnitt der Orbita durch die Mitte der Gesichtsöffnung und des Canalis n. optici. Laterale Wand derselben. Gesichtsöffnung etwas gehoben. *OF* Stirnbein. *Sf* dessen Sinus frontalis. *OS* Wespenbein. *OZ* Jochbein. *OM* Oberkieferbein; diese Bezeichnung befindet sich im Antrum maxillae. *Co* Durchschnitt des Canalis n. optici. *Ci* Durchschnitt des Canalis infraorbitalis. *Zf* Canales zygomatico-faciales. *Zt* Canalis zygomaticotemporalis als Fortsetzung einer Furche, die vom vorderen Ende der Fissura orbital. ihren Anfang nimmt. *Fos* Fissura orbitalis super. *Srl* Spina musculi recti lateralis. * Fortsetzung des Sinus sphenoidalis in die Ala orbitalis des Wespenbeines.

Die ganze Wand ist eben, nur im vordern Theil etwas concav nach aussen gewölbt. Ihre Oberfläche, welche im Allgemeinen glatt ist, zeigt entweder dicht an der hintern Ecke oder wenige Millimeter von ihr entfernt, eine dornartige oder breit schaufelförmige Knochenauflagerung, welche nach ihrer Bestimmung, dem einen Kopf des *Musc. rectus lateralis* zur Anheftung zu dienen, *Spina recti lateralis Srl* genannt werden soll. Von dem vordersten Ende der *Fiss. orb. inf.* aufwärts zieht eine seichte Furche, die sich ganz oder theilweise zu einem Canälchen schliessen kann, welche zu einer Oeffnung im Knochen führt, die die-

sen durchsetzt und in der Schläfengrube mündet. Es ist dies der *Sulcus* und *Canalis zygomatico-temporalis Zt*; in ihnen liegt der gleichnamige Nerv. Weiter nach vorn, dicht hinter dem Augenhöhlenrand liegt eine oder zwei weitere Oeffnungen in einer Linie, die die Verlängerung der unteren Augenhöhlenplatte bildet, welche sich auf der Wangengegend des Gesichtes öffnet und von dem durchtretenden Nerven den Namen *Canalis zygomatico-facialis* führt.

Auch auf dieser Wand ist der Einfluss des Alters sehr bemerkbar. Grössere und kleinere Löcher und noch nicht ganz durchgebrochene Stellen lassen dieselbe oft sehr zart und zerbrechlich erscheinen. Besonders oft findet man, dass durch Resorption der anliegenden Knochenränder für die *Sutura zygomatico-sphenoidalis* eine mehr oder weniger breite Fissur entsteht, die entweder von der *Fissur. orb. inf.* beginnend, sich nach oben schliesst, oder auch weiter oben in Form eines allseitig geschlossenen Loches auftreten kann (Hyrtl). Dieselbe wurde auch in seltenen Fällen (unter 72 Schädeln 2 Mal) als Hemmungsbildung beobachtet. (Magnus.)

Die *Canales zygomatico-facialis* und *temporalis* zeigen vielfache Varietäten. Sie können sich beide verdoppeln, sogar verdreifachen, oder auch als einfacher Canal die Augenhöhle verlassen, um sich erst innerhalb des Knochens zu theilen. Ein vollständiges Fehlen beider Canäle scheint nicht vorzukommen.

Ziemlich constant findet sich in der Naht zwischen Stirnbein und *Ala temporalis* in der Mitte ihres hinteren Drittels, oft auch ganz auf einen der beiden anliegenden Knochen gerückt, ein Loch, welches in der Schädelhöhle unter der *Ala orbitalis* mündet und Zweige der *Art. meningea med.* in die Augenhöhle führt. (Vergl. Albin Tab. art. Tab. V. Fig. 6 u. 7. Loder und Schultz.)

§ 6. Die Knochenplatten, welche die Augenhöhlenwände bilden, verdicken sich plötzlich beträchtlich an ihrem vorderen Ende, beim Uebergang ins Gesicht. Es entsteht so ein gewulsteter, nach der Oeffnung der Augenhöhle umgebogener Rand (*Margo orbitalis*) welcher dadurch, dass er sich besonders an der oberen und unteren Seite der lateralen Wand stark verdickt über das Niveau der *Orbita* erhebt, nicht vollständig die Grundfläche einer vierseitigen Pyramide darstellt, sondern durch eine bogenförmige Abrundung der Ecken ein Oval bildet, welches seinen längeren Durchmesser quer, seinen kürzeren vertical gestellt hat. (Fig. 6.)

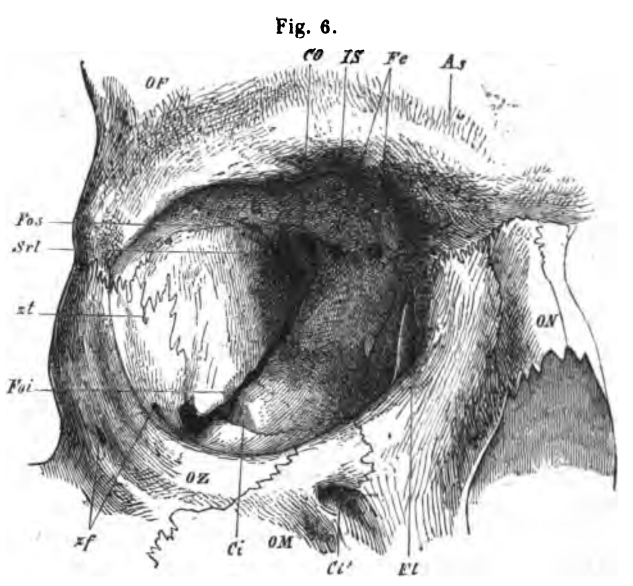
Er wird von den Knochen der Wand gebildet und gehört also in seinem oberen Theil dem Stirnbein, im unteren dem Wangenbein (*OZ*) an. Der übrig bleibende kleinere untere und der ganze innere Theil wird vom Oberkiefer gebildet.

Der Bestimmung des Randes gemäss, Stösse und andere Schädlichkeiten vom Innern der Augenhöhle abzuhalten, sind die Nähte, welche die drei zu seiner Bildung benutzten Knochen verbinden, ausnehmend fest. Das Stirnbein ist hier mit Oberkiefer- und Wangenbein durch sehr rauhe und stark gezähnte Suturen verbunden. Besonders die letztere ist eine so kräftige, die anstossenden Knochen, vorwiegend das Stirnbein, so sehr gewulstet und vorstehend, dass diese Stelle sehr leicht auch an Lebenden durch die Haut gefühlt werden kann.

Die Verbindung des Wangenbeines und Oberkiefers ist nicht weniger fest, aber in einer eigenthümlichen, im menschlichen Körper nur selten benutzten Weise hergestellt. Ein von dem Wangenbein entsendeter starker Zapfen sitzt nämlich in einer genau passenden taschenartigen Vertiefung des Oberkiefers fest und schliesst so jede Lageänderung aus (Schultz). Seiner Bestimmung ge-

mäss ist der Rand an der lateralen Seite am stärksten und dicksten; nach oben und unten nimmt er ganz allmählig an Stärke ab. Oben endigt er mit einer nach dem Innern der *Orbita* umbiegenden Rauhigkeit dicht unter der *Fossa trochlearis*. Von unten her steigt er als die früher schon erwähnte *Crista lacrymalis anterior* am medialen Rande auf und verliert sich schwächer werdend vollständig. Das obere Drittel der medialen Wand bleibt demnach gänzlich ohne einen nachweisbaren Rand und es geht hier die Fläche der *Orbita* ganz allmählig in die anliegende Nasenfläche über.

Fig. 6.



R. Orbita. Ansicht von vorne. Der Schädel ist unbedeutend aus seiner Horizontalstellung gehoben und etwas nach links gedreht. *OF* Stirnbein. *OZ* Wangenbein. *OM* Oberkieferbein. *ON* Nasenbein. *CO* Canalis nervi optici. *Fos* Fissura orbitalis superior. *Foi* Fissura orbitalis inferior. *Fe* Foramina ethmoidalia. *Fl* Fossa lacrymalis. *Ci* Canalis infraorbitalis. *Ci'* dessen Gesichtsöffnung. *zt* Canalis zygomatico-temporalis. *zf* Canales zygomatico-faciales. *Srl* Spina m. recti lateralis. *IS* Incisura supraorbitalis. *Av* Arcus superciliaris.

25 Mm. von der Mittellinie entfernt findet sich in dem oberen (Stirnbein-) Rand ein Einschnitt, die *Incisura supraorbitalis* (Fig. 2 und 6 *IS*.), durch welchen die gleichnamigen Gefässe und Nerven aus der Augenhöhle zur Stirne treten. Ist der Einschnitt ganz regelmässig gebildet, dann ist die laterale Grenze gegen den übrigen Rand scharf abgesetzt, während die mediale ganz allmählig in denselben übergeht. Doch kann auch diese Grenze sich höher erheben. Es kommen überhaupt die verschiedensten Uebergänge bis zu einem vollkommen geschlossenen Canal, der sogar schon tiefer in der Augenhöhle abgehen kann, vor. Medianwärts von dieser Incisur beobachtet man oft eine zweite, die meist seichter als jene ist, jedoch manchmal ebenfalls zu einem Canal geschlossen sein kann, welche gleichnamig mit den in ihr verlaufenden Nerven und Gefässen, *Incisura frontalis* heisst.

Die Lage der *Incisura supraorbitalis*, 25 Mm. von der Medianlinie entfernt, wurde aus einer Reihe von Schädeln als Mittelzahl berechnet. Sie stimmt mit der Angabe von Henle überein.

Nach Krause, der 409 Schädel untersuchte, fand sich die *Incisura supraorbitalis* allein in 47,4 %. Eine beidseitige *Incis. front.* war in 27,9 % vorhanden, die übrigen Schädel zeigten sich nur einseitig. Schwegel erwähnt das Vorkommen eines *For. supraorbit. intern.* in der *Glabella.*

Die Betheiligung des Oberkiefers an der Bildung des unteren Randes ist je nach der Ausbildung des Jochbeines eine sehr verschiedene. Meist endet letzteres gerade über dem *Fora-*

men infraorbitale, doch kommt es vor, dass es sich stark verkurzt. In einem mir vorliegenden Fall endet es schon 4 Cm. lateralwärts von demselben, wodurch der Oberkiefer nahezu den ganzen unteren Rand bildet. Doch sind auch Fälle nicht selten, in welchen das Jochbein die *Crista lacrymalis anterior* erreicht, wo dann der Oberkiefer keine Gelegenheit findet, sich an der Bildung des unteren Randes zu betheiligen.

§ 7. Es erübrigt nur noch, die Augenhöhle in ihrer Gesammtheit zu betrachten. Allgemeine Gestaltung und Oeffnungen, die in anliegende Höhlen führen, wurden bereits eingehend beschrieben, nur die drei wichtigsten, der *Canalis opticus* und die beiden *Fissurae orbitales* bedürfen noch einiger Worte.

Der *Canalis opticus* konnte bei keiner Wand beschrieben werden, da er, wie schon oben erwähnt, eigentlich keiner angehört, sondern die Spitze der Pyramide bildet, in welcher sie sämmtlich zusammen stossen. Er stellt eine ganz kurze trichterförmig nach vorne erweiterte Röhre dar, von 8—9 Mm. Länge und 6 Mm. mittleren Durchmesser.

Er führt zwischen den beiden Wurzeln des Orbitalflügels des Wespenbeins nach hinten in die mittlere Schädelgrube. Sein Verlauf ist aus der Augenhöhle schräg von unten und lateral nach oben und medial aufsteigend (Vergl. Fig. 3. 5) und mit dem der andern Seite, von welchem ihn der Wespenbeinkörper trennt, convergirend. Der Canal beherbergt den Sehnerven und die unter diesem liegende *Arteria ophthalmica*.

Die *Fissurae orbitales* halten sich, wie bemerkt, an die beiden lateralen Kanten der Pyramiden, welche die Augenhöhle bilden; sie convergiren demnach gegen den *Canalis opticus* und treffen auch lateralwärts und unter demselben wirklich zusammen.

Die obere Augenhöhlenspalte, die in die mittlere Schädelgrube führt und von der *Ala orbitalis* und *temporalis* des Wespenbeines begrenzt wird, zeigt eine keilförmige Gestalt, das breite Ende medianwärts, das spitze lateralwärts gekehrt. In den meisten Fällen geht die Verengerung der Spalte nicht allmählig vor sich, sondern wird plötzlich durch die vorspringende *Spina m. recti lateralis* bedingt. (Fig. 5.) Die Weite derselben ist vielen individuellen Verschiedenheiten unterworfen, ist oft an den beiden *Orbitae* eines Individuums verschieden. Ihre Länge ist im Ganzen ziemlich constant, sie beträgt rechts fast durchgehend 22 Mm., die der linken Seite ist meist 1 bis 2 Mm. kürzer.

Die *Fissura orbitalis inferior* Fig. 4. 5. 6 verbindet die Augenhöhlen in ihrem medialen Viertel mit der *Fissura pterygopalatina*, im Uebrigen mit der Unterschläfengrube und ist entweder vom Oberkiefer und der *Ala temporalis* allein begrenzt, oder, was der häufigere Fall ist, nach vorne vom *Os zygomaticum* geschlossen. Sie zeigt entweder die Gestalt einer einfachen, vorne abgerundeten Spalte, oder ist, umgekehrt, wie die *Fissura orbitalis sup.* am peripherischen Ende keulenförmig erweitert. Letzteres befindet sich 10 bis 18 Mm. vom Augenhöhlenrand entfernt.

Bei alten Leuten erweitern sich die beiden Augenhöhlenspalten (Hyrtl), besonders die untere, welche oft ihre sonst glatten Randconturen verliert und ein zerrissenes Aussehen bekommt.

Was die topographische Lage der Augenhöhlen gegen einander betrifft, so stehen die Grundflächen der beiden Kegel nicht in der gleichen Ebene, sondern sie sind so gegen einander geneigt, dass die mediale Seitenwand der einen *Or-*

bita der der andern ziemlich parallel verläuft. Der Winkel, in dem die Ebenen der Basis der Kegel zusammen stossen, ist bei Kurzköpfen im Allgemeinen gestreckter als bei Langköpfen. Bei ersteren sieht also die Gesichtsöffnung der Augenhöhle mehr nach vorne, bei letzteren mehr zur Seite (Mannhardt).

Derjenigen Theile des Schädels, mit welchen die Augenhöhlen zusammenstossen, ist schon bei der Beschreibung der einzelnen Wände gedacht und es genügt, neben dem Blick auf die Abbildungen eine ganz kurze Zusammenfassung.

Nach oben grenzt die *Orbita* an die vordere Schädelgrube, lateralwärts schliesst sie selbst den Schädel ab. Unten und medianwärts sind es die verschiedenen Höhlen der Nase, unten die Kieferhöhle, medianwärts die eigentliche Nasenhöhle und die Keilbeinhöhlen, welche mit der *Orbita* zusammenstossen und bereits erwähnt wurde, dass stark ausgebildete Nasenhöhlen sich auch in die obere Wand fortsetzen können und zwar vorne als Fortsetzung der Stirnhöhle, hinten als solche der Keilbeinhöhle. Die Communication mit der mittleren Schädelgrube durch den *Canalis opticus* und die *Fissura orbitalis superior* ist ebenfalls bereits besprochen, sowie der Zusammenhang mit der Unterschläfengrube vermittelst der *Fiss. orb. inf.*

§ 8. Umfang der Gesichtsöffnung und Tiefe der Augenhöhle sind mannigfachen individuellen und nationalen Verschiedenheiten unterworfen und es hängen dieselben mit der Conformation des ganzen Schädels zusammen. Es lässt sich als Regel aufstellen, dass man bei Brachycephalen eine kurze, bei Dolichocephalen eine langgestreckte Augenhöhle findet (Mannhardt), obgleich auch Ausnahmen vorkommen. Besonders findet man gar manchmal Brachycephalen mit tiefen Augenhöhlen, während dagegen umgekehrt Dolichocephalen mit flachen sehr selten sind.

Die Breite der Gesichtsöffnung der *Orbita* ist beim Mann durchschnittlich 40,5 Mm., die Höhe 35,0 Mm. Beim Weibe sind die Durchschnittszahlen um einen halben Millimeter kleiner. Die mittlere Tiefe der Augenhöhle, von der Gesichtsöffnung bis zum Anfang des *Canalis opticus* gemessen, differirt bei beiden Geschlechtern um 2,5 Mm. Beim Manne beträgt sie 43,0 Mm., beim Weibe nur 40,5 Mm. Man wird also eine allgemeine Aufstellung dahin formuliren können, dass die Gesichtsöffnung der *Orbita* bei beiden Geschlechtern ziemlich gleich gross ist, dass dagegen die Tiefe der weiblichen Augenhöhle etwas geringer als die der männlichen gesetzt werden muss. Da nun aber der weibliche Schädel im Allgemeinen kleiner ist, als der männliche, so folgt daraus, dass die weiblichen Augenhöhlen bei den, beiden Geschlechtern annähernd gleichen absoluten Durchschnittsziffern relativ grösser sind, als die männlichen, was auch die practische Erfahrung seit langer Zeit weiss.

Der Abstand, der die beiden Augenhöhlen von einander trennt, d. h. also die Breite des Nasenrückens ist durchschnittlich 22 Mm. Der mittlere Abstand der beiden *Suturae zygomatico-frontales* beziffert sich auf 98 Mm.

Die Axen der beiden Augenhöhlen verlaufen so, dass sich ihre Verlängerungen auf der Mitte des *Clivus* schneiden. Sie treffen daselbst in einem Winkel von 42—43° zusammen.

Ihre Entfernung von einander an der Gesichtsappertur ist im Mittel 62 Mm.

Die horizontale Stellung der *Orbita* des Erwachsenen bei aufrechter Haltung des Kopfes lässt sich nicht besser schildern, als mit Zinn's Worten, wenn

er p. 136 sagt: »Die obere Wand der Augenhöhle liegt in der Horizontalebene, so dass das *Foramen opticum* etwas tiefer steht als der Oberaugenhöhlenrand. Der Boden der *Orbita* steigt von vorn und lateralwärts, wo ein Grübchen im *Processus maxillaris* des Jochbeins ihre tiefste Stelle einnimmt, medianwärts und nach hinten schief auf, woraus leicht ersichtlich ist, dass bei einem Horizontalschnitt, der die Augenhöhle in zwei gleiche Theile theilt, das *Foramen opticum* im oberen Theil gelegen ist und das Centrum des *Bulbus* im unteren Theil sich befindet.«

Der Winkel in dem die Orbitaaxe gegen die Horizontalebene aufsteigt ist im Mittel 20°. Doch gilt diese Angabe nur für den Europäer. Bei Völkern anderer Rasse ist dieser Winkel mancherlei Variationen unterworfen.

Die vorstehenden Zahlen haben, wie es selbstverständlich ist, nur einen ganz relativen Werth, denn es wurde ja bereits oben bemerkt, dass die Formation des Schädels einen bedeutenden Einfluss auf die Gestaltung der Augenhöhlen ausübt. Die Werthe wurden gewonnen aus zehn ganz normalen männlichen und ebensoviel weiblichen Cranien. Es wurden die Untersuchungen desshalb nicht weiter ausgedehnt, weil schon aus dieser Zahl hervor ging, dass die Maasse constant sind. Die Schädel sind der Göttinger anatomischen Sammlung entnommen und haben also zunächst nur Geltung für die niedersächsischen Länder. Doch stehe ich nicht an, die Maasse für Deutschland überhaupt anzunehmen, da ja die Uniformität der Bevölkerung immer mehr überhand nimmt. Die von Luschka angegebenen Maasse weichen beträchtlich von meinen Angaben ab. Die Tiefe der Augenhöhlen an den dolichocephalen Schwabenschädel mag wohl seinen Angaben gemäss (47 Mm.) sein, doch möchte ich die Maasse der Gesichtsöffnung (Breite 50, Höhe 40 Mm.) fast bezweifeln. Einen Unterschied von 10 Mm. dieser beiden Dimensionen konnte ich nur bei den allerbreitesten und niedersten Augenhöhlen (Neuholländer Höhe 30, Breite 40 Mm.) finden. Es giebt eine solche völlig ovale Form der *Orbita* dem Schädel einen höchst fremdartigen und absonderlichen Ausdruck, der sehr in die Augen fällt und nicht wohl übersehen werden kann, aber wie gesagt, an den Europäerschädeln der Göttinger Sammlung nicht zur Beachtung kam.

Abweichungen von der Form der Augenhöhlen, auch wenn sie klein sind, fallen sofort sehr in die Augen, besonders gilt dies für die Dimensionen des Augenhöhlenrandes, mögen sich die Maasse mehr als in der Norm einander nähern, oder sich von einander entfernen.

Doch kommen wirklich Augenhöhlen vor, wo sich die Dimensionen so sehr einander nähern, dass der Rand einen vollkommenen Kreis bildet. Die Tiefe der Augenhöhle kann ebenfalls von der oben genannten Mittelzahl beträchtlich abweichen. Die seichtesten gemessenen *Orbitae* waren 32 Mm. tief, die tiefsten 50 Mm.

Die variabelsten Zahlen sind natürlich die für die Breite des Nasenrückens. Es schien desshalb auch gerathen, die Anzahl der gemessenen Schädel zu verdoppeln um ein annähernd richtiges Resultat zu bekommen.

Die von Welcker (Wachsthum und Bau des menschl. Schädels) und von Volkmann gewonnenen Mittelzahlen für Nasenrücken und Jochbeinbreite weichen nur wenig von den oben angegebenen ab.

§ 9. Die oben beschriebene knöcherne Augenhöhle ist von einem ziemlich dünnen Periost (*Periorbita*) ausgekleidet, welches mit der Beinhaut der anliegenden Theile des Gesichts- und Gehirnschädels eine zusammenhängende Membran bildet. Es verlängert sich durch die grosse Gesichtsöffnung der *Orbita* auf Stirn-, Nasen- und Wangengegend, durch den Thränencanal steht es mit der Nase in Verbindung; durch die *Fissura orbitalis super.* und den *Canalis opticus* dringt dasselbe in den Schädelraum ein, um mit der *Dura mater* zusammen zu

fliessen; die *Fissura orbitalis infer.* setzt die *Periorbita* mit der Beinhaut der Flügelgaumengrube und der *Fossa infratemporalis* in Verbindung.

Während in den Oeffnungen der Augenhöhle, die sie mit anliegenden Theilen in Verbindung setzt, das *Periost* die Wände glatt überziehend, die Form des Knochens genau nachahmt, findet in der *Fissur. orbit. supr.* und *inf.* eine dichte Verwebung von Fasern der beiden Ränder statt, so dass diese Spalten durch ein festes schwartenähnliches Gewebe ausgefüllt werden, welches nur den nöthigen Platz für die durchtretenden Nerven und Gefässe lässt.

Die Cohärenz der *Periorbita* mit dem unterliegenden Knochen ist eine geringe und leicht selbst durch stumpfe Werkzeuge oder pathologische Effecte wie Blutergüsse und dergleichen aufzuheben. Nur an den Nähten ist der Zusammenhang ein inniger; da nun die obere Wand keine Suturen hat, so ist es natürlich, dass hier eine Ablösung am leichtesten erfolgt.

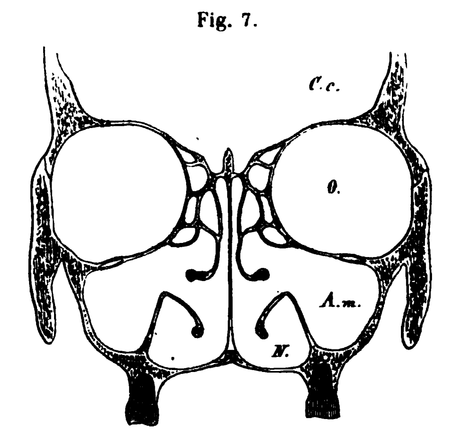
An den erwähnten Oeffnungen und Spalten, wo das *Periost* die *Orbita* verlässt, ist dasselbe ebenso wie an den Nähten mit der Unterlage fest verbunden; besonders ist dies der Fall am *Margo orbitalis.*

Die der Augenhöhle zugewandte Fläche der Beinhaut ist im Allgemeinen ziemlich glatt, doch findet man allenthalben durch zarte Bindegewebsbänder hergestellte Verbindungen mit dem anliegenden Fett. Zu den Muskeln gehen stärkere septumähnliche Bindegewebeplatten, welche sich in der Fascie verlieren. Die Kapsel der Thränendrüse ist entweder fest mit der *Periorbita* verwachsen oder durch längere Bündel, die eine Art von Band darstellen, mit derselben in Zusammenhang (*Ligamentum glandulae lacrymalis*).

Besonders bemerkenswerth ist noch die Stelle des *Periosts*, welche über der *Fissura orbitalis inferior* liegt. Dasselbe ist hier von einem aus glatten Fasern bestehenden Muskel, dem *M. orbitalis* (H. Müller p. 210) bedeckt und durchsetzt, der jedoch nur von geringer Mächtigkeit ist und keine physiologische Bedeutung besitzt.

Nur bei den Säugethieren hat er eine solche, da er hier den Verschluss der Augenhöhle gegen die Schläfengrube zu bewirken hat. Beim Menschen liegt jedoch an dieser Stelle Knochensubstanz, der Muskel ist desshalb überflüssig geworden und erinnert nur noch durch die wenigen Rudimente an seine frühere Existenz.

Fig. 7.



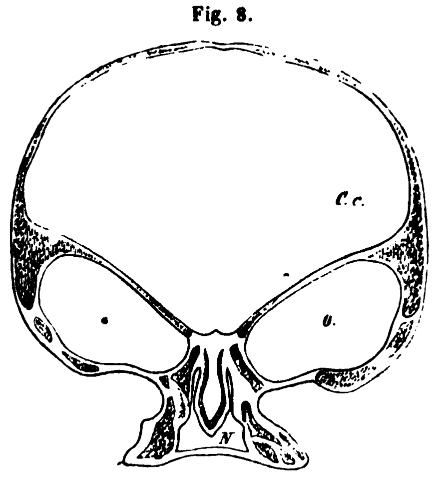
Frontalschnitt des Schädels eines Erwachsenen, durch die Mitte der Augenhöhlen. *O.* Orbita. *N.* Nasenhöhle. *A. m.* Kieferhöhle. *C. c.* Schädelhöhle.

§ 10. Geschlechts- und Altersverschiedenheiten der *Orbita* sind nicht unbeträchtlich. Der ersteren wurde schon oben bei Besprechung der Maasse gedacht, die letzteren machen sich sowohl in der Form als in der Stellung geltend.

Die Form der *Orbita* des Erwachsenen ist auf dem (Fig. 7) Frontaldurchschnitt die eines Viereckes mit so sehr abgestumpften Ecken, dass die Figur einem Kreis sehr ähnlich erscheint. Beim Neugebornen findet man dagegen

eine Ellipse, welche schwach lateralwärts aufsteigt, mit der andern Seite also convergirt. (Fig. 8.)

Fig. 8.



Frontaldurchschnitt des Schädels eines neugeborenen Kindes durch die Mitte der Augenhöhlen. *O.* Augenhöhle. *N.* Nasenhöhle. *C. c.* Schädelhöhle.

Zieht man durch den längsten Durchmesser der kindlichen *Orbitae* auf dem gedachten Durchschnitt Linien, so schneiden sich dieselben in einem Winkel von circa 105° in der Mitte der Nasenscheidewand.

Die Lage der kindlichen *Orbita* ist eine rein horizontale, d. h. eine in der Mitte der Gesichtsöffnung beginnende, im *Canalis opticus* endende Achse liegt in der Horizontalebene (Zinn).

Der *Canalis opticus* des Kindes ist mehr in die Quere gezogen und unregelmässiger als bei dem Erwachsenen.

Die *Fissurae orbitales* sind beim Kind wegen der Schmalheit des Temporalflügels des Wespenbeines sehr breit und gross.

Inhalt der Orbita.

§ 11. Die Augenhöhle dient fast ausschliesslich zur Aufnahme derjenigen Gebilde, welche zum Zustandekommen des Sehaktes erforderlich sind; nur ganz wenige Nerven und Gefässe, die einstweilen unberücksichtigt bleiben können, verlassen dieselbe, um in benachbarten Regionen ihren Endbezirk zu finden. Vor allem ist es der empfindende Sehnerv, welcher von hinten her aus dem Gehirn kommend durch den nach ihm genannten Canal in die *Orbita* eindringt. Er führt auch das für ihn selbst und die andern Gebilde dieser Höhle nöthige Blut in der *Arteria ophthalmica* mit sich, welche, unter ihm liegend, durch denselben Canal ins Auge tritt. Der Sehnerv ändert sich nachdem er eine Strecke weit in die Augenhöhle herabgestiegen ist, zu einer kuppelförmigen Membran (*Retina*), welche die eigentlich empfindende Fläche darstellt. Mit Organen des Schutzes (*Sclera*). und der Ernährung (*Choroidea*, *Iris*) mit den Apparaten für den durchtretenden Lichtstrahl (*Cornea*, Kammerwasser, Linse, Glaskörper) und der Reflexion, (Aussenglieder der Stäbchenschichte, *Uvea*) zu einem geschlossenen Ganzen verbunden, macht diese Endausbreitung ein kugeliges Gebilde aus, den Augapfel *Bulbus*, welches in seinen vordersten Theilen an der Gesichtsoberfläche sichtbar wird. Nach Form und Anordnung zerfällt derselbe wieder in zwei anatomische Gruppen, erstens in membranöse, die Form des Augapfels wiedergebende Theile, deren man drei zählt, die äussere, mittlere und innere Augenhaut, *Tunica externa*, *media* und *interna*; und dann in durchsichtige Medien, das Kammerwasser, *Humor aqueus*, die Linse, *Lens crystallina*, und den Glaskörper, *Corpus vitreum*, welche die von den Häuten gebildete Hohlkugel ausfüllen.

Der *Bulbus* besitzt von allen Organen des menschlichen Körpers die ausge-

dehnteste und feinste Beweglichkeit, die durch 6 Muskeln vermittelt wird, von welchen 5 im Grund, einer an der vordern Grenze der *Orbita* ihren Ursprung nehmen. Die Nerven, welche diese Muskeln versorgen, erreichen die Augenhöhle sämmtlich durch die *Fissura orbitalis superior*. — Alle beschriebenen Theile sind umhüllt und getragen von einem elastischen Fettpolster, welches alle Lücken der *Orbita* ausfüllt.

Zu diesen für die Funktion des Auges unentbehrlichen Dingen kommen dann noch Vorrichtungen, welche lediglich zum Schutz gegen äussere Einflüsse und Schädlichkeiten angebracht sind, und sich demgemäss an der Gesichtsöffnung der *Orbita* oder doch unmittelbar hinter ihr befinden.

Es ist dies zuerst der Thränenapparat, der in einer Drüse (*Glandula lacrymalis*) wässrige Flüssigkeit absondert, die im beständigen Strom über die vordere Augenfläche ergossen, dieselbe vor dem Vertrocknen schützt.

Die gebrauchte Flüssigkeit wird dann vermittelst eines Canales (*Ductus lacrymalis*) mit doppeltem Eingang (*Canaliculi lacrymales*) in die Nase abgeführt.

Die zweite Schutzvorrichtung ist der Liderapparat, der durch Verdecken der vordern Augenhöhlenfläche vor eindringenden Gegenständen aller Art schützt.

Das obere Augenlid ist zu seiner Emporhebung mit einem Muskel versehen, der sich den im Grunde der *Orbita* entspringenden Augenmuskeln beigesellt, während die Schliessmuskeln die Aussenfläche der Lider einnehmend, nur durch Gefäss- und Nervenzweige mit den Gebilden der *Orbita* in Berührung stehen.

Da bei der runden Form des *Bulbus* leicht Missverständnisse über die Bezeichnung der einzelnen Theile entstehen können, so mögen hier, bevor seine Beschreibung beginnt, diejenigen Ausdrücke genannt werden, welche im Folgenden zur Ortsbestimmung benützt werden. Dieselben sind von der Aehnlichkeit des Augapfels mit einer Kugel, speciell der Erdkugel hergeleitet. Es werden, wie dies jetzt ganz allgemein geschieht, die Bezeichnungen, »*Aequator*« »*Meridian*« angewandt, wie bei der Erdbeschreibung. Der *Aequator* ist der in der Frontalebene gelegene grösste Kreis (Henle).

Die Augenaxe ist, wie die Erdaxe eine gedachte Linie, die von Pol zu Pol läuft; hier am Auge vom vordern zum hintern Pol. Sie beginnt im Centrum der *Cornea*, wie dies schon Zinn angiebt, und entspricht einem Loth, welches man sich von hier auf den Hintergrund des Auges gefällt denkt. Die Bezeichnungen aussen und innen, oder peripherisch und central, werden in Beziehung auf den Mittelpunkt des Augapfels gebraucht. Der letztere liegt an der Stelle, wo die Aequatorialebene von der Augenaxe getroffen wird.

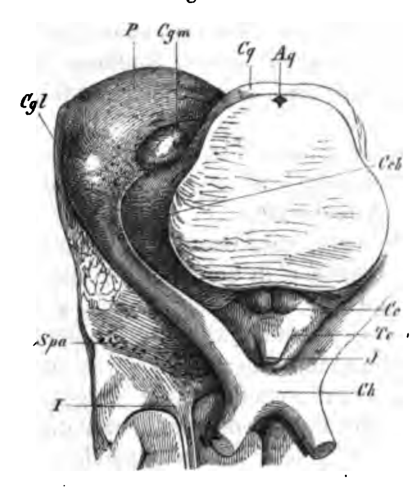
II. Nervus opticus.

§ 12. Der *Nervus opticus* verlässt das Gehirn mit zwei Wurzeln, die aus den beiden *Corpora geniculata* (*Cgm Cgl* Fig. 9) hervorgehen. Oben sind letztere überragt von dem hintersten Theil des *Thalamus opticus* (*Pulvinar P*), in dessen äusserste Spitze sich das *Corp. gen. laterale* direct fortsetzt. Das *C. g. mediale* dagegen stösst nach der Mittellinie zu auf die *Lamina quadrigemina*, auf der sich die Vierhügel befinden.

Dicht unter dem *Corp. gen. laterale* vereinigen sich die beiden Wurzeln des Sehnerven zu einem gemeinschaftlichen Strang, dessen Zusammensetzung aus

zwei Zügen noch eine Strecke weit an einer Furche zu erkennen ist, welche ihn in einen kleinern medialen und einen grösseren lateralen Theil trennt. Der Nerv schlägt sich um den Grosshirnschenkel (*Ccb*) herum und verläuft nach dem *Tuber cinereum* hin, auf welchem er sich dicht vor dem *Infundibulum* (*J*) mit dem der andern Seite vereinigt. Auf dieser ganzen Strecke ist der Nerv jedoch noch nicht selbstständig differenzirt, sondern mit der Hirnsubstanz, welcher er als wulstförmiger Strang aufliegt, verwachsen.

Fig. 9.



Gehirnbasis mit dem Austritt des Nervus opticus. Die Grosshirnhemisphären sind entfernt, so dass der hintere Theil des Sehhügels frei liegt. Hirnschenkel hinter den Vierhügeln durchschnitten. *Cgm* Corpus geniculatum mediale. *Cgl* Corpus geniculatum laterale. *P.* Pulvinar des Sehhügels. *Ch* Chiasma nervorum opticorum. *Cq* Vierhügel auf der Lamina quadrigemina aufsitzend. *Aq* Durchschnitt des Aquaeductes. *Ccb* Grosshirnschenkel. *Cc* Corpora candicantia. *Tc* Tuber cinereum. *J* Infundibulum. *I* Tractus olfatorius in seine mediale und laterale Wurzel auseinanderweichend. *Spa* Substantia perforata anterior.

In der Vereinigungsstelle, dem *Chiasma nervorum opticorum*, (*Ch*) erfolgt eine innige Durchflechtung und Kreuzung der von beiden Seiten kommenden Fasern und jetzt erst treten die Nerven als selbstständige gesonderte Gebilde ihren Weg nach der Augenhöhle an. Sie divergiren von der Mittellinie und erreichen endlich den Eingang der *Canales optici*. Auf diesen Weg läuft der Sehnerv unter der medialen Wurzel des *Olfactorius* (*I*) hin, von ihr getrennt durch die medianwärts laufende *Art. cerebr. ant.*; [1]) an der medialen Seite an die beide Hemisphären trennende Spalte grenzend, an der lateralen Seite die *Substantia perforata anterior* (*Spa*) neben sich, und aufliegend auf einer breiten Querrinne der obern Wespenbeinfläche, die nach hinten vom *Tuberculum sellae*, nach vorn vom *Limbus sphenoidalis* begrenzt wird und den Namen *Sulcus opticus* führt. Dicht vor seinem Eintritt in den Canal aber liegt der *N. opticus* nur mit seiner medialen Fläche auf dem Keilbein, während seine laterale Hälfte auf der sich aufwärts krümmenden *Carotis cerebralis* ruht, welche hier die *Art. ophthalmica* abgiebt.

Der Nerv, dessen Länge vom *Chiasma* bis zum Eingang des *Canalis opticus* meist weniger als 10 Mm. beträgt, ist von oben nach unten comprimirt und ca. 5 Mm. breit. Er ist umgeben von der gewöhnlichen, der *Pia mater* entstammenden Nervenscheide, die ihn bis zum Eintritt in das Auge bekleidet.

Im *Canalis opticus* ändert er seine Gestalt und wird drehrund; was er an Höhe gewinnt, muss er an Breite verlieren und hat von nun an einen Durchmesser von 4 Mm. Hier ist er mit dem Periost der obern Wand fest verwachsen, während er in den übrigen Theilen nur durch zarte Bindegewebsbündel mit der aus der *Dura mater* stammenden Beinhaut verbunden ist (Schwalbe).

Von der Augenhöhlen-Oeffnung des Canales verläuft er dann lateral und etwas abwärts, um an die hintere Fläche des *Bulbus* zu gelangen, in welchen

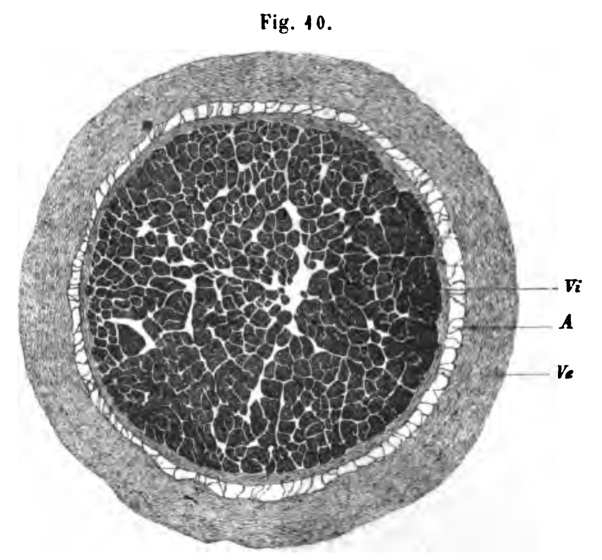
[1]) Art. corp. callosi aut.

er sich etwa 4 Mm. medianwärts und etwas nach unten von dem hintern Ende der Augenaxe einsenkt. Der Verlauf des Nerven ist kein völlig gestreckter, sondern leicht *S*-förmig gekrümmt, die Convexität nach der lateralen Seite gekehrt. Seine Länge innerhalb der Augenhöhle beträgt 28 — 29 Mm.

Ausser dem aus der *Pia mater* stammenden Neurilemm überzieht er sich in der *Orbita* mit einer zweiten 0,5 Mm. dicken Scheide, die ihn lose umgiebt und aus der Beinhaut des *Canalis opticus* hervorgeht.

Die letztere, wie oben erwähnt, eine Fortsetzung der *Dura mater*, theilt sich nämlich beim Eintritt in die *Orbita* in zwei Blätter, deren eines als *Periorbita* sich fortsetzt, während das andere die genannte Scheide bildet. Das *Neurilemm* und die äussere Scheide hängen durch viele zarte Bindegewebsbündel mit einander zusammen. (Fig. 10.) Der Zusammenhang, der hinten ein ziemlich lockerer ist, wird gegen den *Bulbus* hin immer fester und die verbindenden Bündel zahlreicher (Schwalbe). Mit dem umgebenden Fett ist die Scheide ebenfalls durch viele Bindegewebsbündel verbunden. In seinem ganzen Verlauf ist der Nerv durch zahlreiche starke vom *Neurilemm* ausgehende *Septa*, die jedoch keine röhrenartigen Scheiden bilden (Leber) in grössere und kleinere Bündel getheilt.

Fig. 10.



Querdurchschnitt des Nervus opticus kurz vor dem Eintritt der Vasa centralia. Die dunklen Nervenbündel durch Bindegewebssepta getrennt. *Vi* Innere Scheide (Neurilemm). *Ve* Aeussere Scheide. *A* Zwischen beiden Scheiden liegender von zarten Bindegewebsbündeln durchzogener Lymphraum, Fortsetzung des Arachnoidealraums.

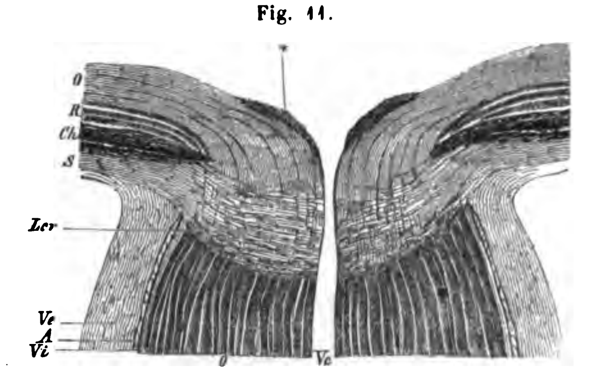
Ist er am *Bulbus* angelangt, so geht seine äussere Scheide in die *Sclera* über und auch das *Neurilemm* verschwindet in der Gegend der *Choroidea* gänzlich. Schon beim Durchtritt durch die *Sclera* wird der Durchschnitt des Nerven schmaler, er sieht wie eingeschnürt aus und zugleich ändert sich seine Farbe (Fig. 11 folgende Seite). Dieselbe, bisher blendend weiss, wird plötzlich durchscheinend grau; Veränderungen, die beide durch eine Modification in der mikroskopischen Structur der Nervenfasern herbeigeführt werden, indem letztere ihr Kaliber verkleinern und beginnen ihre Markscheide zu verlieren.

Nicht allein die Nervenfasern, auch die in Bündel abtheilenden Bindegewebssepta erleiden beim Passiren der *Sclera* eine Veränderung. Dieselben treten mit letztern in enge Verbindung und bilden ein kräftiges aber engeres Netz als im übrigen Verlaufe des *N. opticus* (Fig. 12). Entfernt man durch Maceration die durchtretenden Nervenfasern, so entsteht eine nach dem Inneren des Aug-

apfels concave, und siebförmig durchlöcherte Platte, die ihrem Aussehen den Namen *Lamina cribrosa* verdankt.

Ist der Sehnerv im Innern des Auges angelangt, so breiten sich seine Fasern radienförmig aus und gehen in die oben erwähnte hohlkugelartige Gestalt über.

Fig. 11.

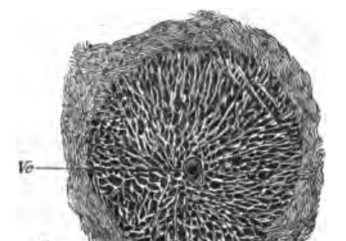


Längsschnitt des Eintrittes des Sehnerven in den Bulbus. *O* Substanz des Sehnerven. *Vc* Raum für die Centralgefässe. *Ve*, *Vi*, *A* wie in der vorigen Figur. *S* Sclera. *Lcr* Lamina cribrosa. *Ch* Choroidea. *R* Retina. * Im Querschnitt getroffene umbiegende Opticusfasern.

15—20 Mm. vom *Bulbus* entfernt treten die *Vasa centralia retinae* in den Sehnerven ein und verlaufen in dessen Centrum bis ins Innere des Auges.

Die oben erwähnte *S*-förmige Krümmung des Sehnerven wird nicht von allen Anatomen als im Leben bestehend angenommen. So hält es Henle für möglich, dass eine Leichenerscheinung vorliegt. Dieser Ansicht steht jedoch entgegen, dass sich die Krümmung auch an ganz frisch dem Gefrieren ausgesetzten Präparaten vorfindet, und dass eine Anzahl von Säugethieren einen sehr stark gekrümmten *N. opticus* besitzt, der im Leben nie völlig gestreckt sein konnte, da in einem solchen Falle der *Bulbus* aus der *Orbita* hervortreten müsste.

Fig. 12.



Querschnitt des Sehnerven bei seinem Durchtritt durch die Lamina cribrosa. *S* Sclera. *Vc* Querschnitt der Vasa centralia.

Varietäten des Sehnerven sind selten. Hie und da hat er die Gestalt einer Rinne, mit hufeisenförmigem Durchschnitt. Ferner kommt ein vollständiges Fehlen des *Chiasma* vor (Vesal, Valverdus, Lösel u. A.). Nach Krause und Telgmann kann sich statt der innigen Durchkreuzung eine brückenartige Verbindung der beiden *Optici* finden. Sömmering beobachtete einen von der Kreuzungsstelle nach vorn ragenden kleinen Auswuchs.

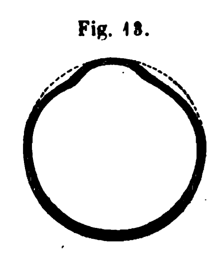
Die *Lamina cribrosa*, die normal pigmentfrei ist, kann, ohne Störung des Sehvermögens zu veranlassen, mit Pigmentzellen durchsetzt sein, welche so reichlich werden können, dass sie am Lebenden mittelst des Augenspiegels nachzuweisen sind. (H. Müller Z. f. w. Z. VIII.)

III. Bulbus.

§ 13. Wenn oben der *Bulbus* ein kugeliges Gebilde genannt wurde, so ist diese Bezeichnung nicht in strengem Sinne des Wortes aufzufassen, sondern nur für eine oberflächliche Betrachtung zutreffend. Untersucht man ihn genauer, so zeigt sich, dass die sphärische Gestalt durch eine Einschnürung der vordern Hälfte alterirt wird. Nur die hintere Hemisphäre des *Bulbus* gleicht ziemlich vollkommen einem Kugelabschnitt, schon bald vor dem Aequator biegt sich die

Oberfläche dieser Einschnürung zu, die gerade an der Grenze des ersten und zweiten Sechstels der sagittalen Axe des *Bulbus* am tiefsten ist, *Sulcus Sclerae*. Von hier aus gleicht sich dieselbe wieder ebenso allmählig aus, wie sie entstanden, und trifft auf ihrem vordern Gipfel wieder mit dem Umfang der eigentlichen Kugel zusammen (S. beistehende Fig. 13). Durch diese Gestaltung hebt sich der vorderste Theil des *Bulbus* vom Gipfel bis zur Tiefe der Einschnürung als ein kleines Kugelsegment ab, welches mit einem kürzeren Radius versehen, als der übrige *Bulbus* eine besondere Wölbung zeigt.

Fig. 13.



Wie nun aber im Bau der organischen Welt überhaupt keine genau mathematischen Formen vorkommen, so ist auch der Augapfel, abgesehen vom *Sulcus sclerae*, in seiner Kugelgestalt unregelmässig, was man am leichtesten am Durchmesser von Durchschnitten in verschiedenen Ebenen nachweisen kann. Der sagittale Durchmesser ist der grösste, er beträgt ca. 24 Mm.; etwas kleiner (ca. 0,5 Mm.) ist der horizontale, und am kleinsten (ca. 23 Mm.) ist der verticale Durchmesser [1]. Die Kugel des *Bulbus* ist also einigermaassen von oben nach unten comprimirt. Es lässt sich diese Thatsache sowohl an Messungen von Leichenaugen als auch am Lebenden nachweisen, wie Donders durch seine Versuche mit gekreuzten Drähten und dem Zerstreuungsbildchen eines Lichtpunktes dies vollkommen ausser Zweifel gestellt hat.

Nach Brücke's Angabe ist auch die der Nase zugekehrte Hälfte des *Bulbus* kleiner als die lateralwärts gelegene, so dass Ebenen, die man durch Kreisgebilde des *Bulbus* z. B. den Ciliarkörper oder die *Ora serrata* legt, medianwärts convergiren. Diese Thatsache lässt sich nicht allein durch Messung, sondern sogar schon durch aufmerksame Betrachtung der vorderen Hälfte eines äquatorial halbirten *Bulbus* bestätigen.

Der Ausspruch Brücke's, dass der Bulbus auf keine bekannte geometrische Form zurückgeführt werden könne (l. c. p. 4) ist nur insofern richtig, als eben überhaupt, wie bemerkt, keine vollkommen reinen mathematischen Formen in der belebten Natur vorkommen. Für die Beschreibung ist aber die Zurückführung des Augapfels auf eine eingeschnürte Kugel nicht nur zulässig, sondern auch wirklich für alle von mir verglichenen guten Abbildungen zutreffend. (Sömmering, Arlt, Henle, Braune, Listing, selbst schon Zinn entwirft den Umfang des Bulbus nahezu richtig.) Die so allgemein acceptirte Beschreibung, nach welcher man das Auge als eine Kugel mit einer uhrglasförmigen, vorn aufgesetzten Kuppel von kleinerem Radius auffasst, ist freilich nicht durchführbar, da eben das vordere Segment mit in die allgemeine Kugelgestalt einbezogen werden muss.

§ 14. Die Form des Bulbus ist bedingt und wird stets conservirt durch die äusserste Haut, *Tunica externa*. Sie umgiebt ihn vollständig und ist während des normalen Lebens theils durch die eigene Resistenzfähigkeit, theils durch den Druck der Contenta des Auges stets so straff gespannt, dass sie dem untersuchenden Finger nur wenig nachgibt. Ihre Structur ist nicht im ganzen Umfang gleich, sondern sie ist in einen durchsichtigen und einen undurchsichtigen Theil getrennt. Der letztere, die Lederhaut *Sclera* [2], ist bei weitem der grössere. Die

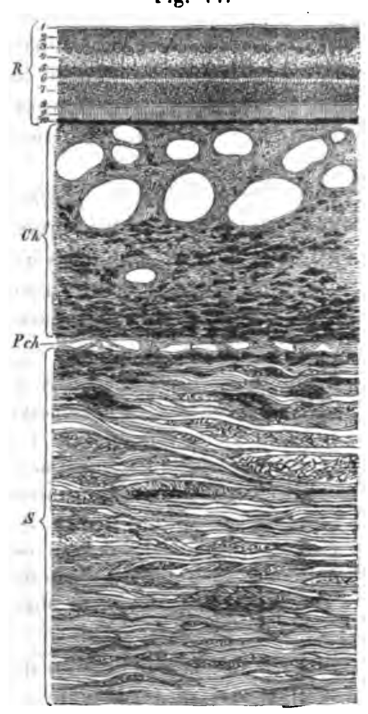
---

[1]) Noch länger als die Augenaxe ist nach mehreren Autoren der schiefe Durchmesser, der von medial oben nach lateralwärts und aussen geht.

[2]) Synon. Sclerotica, cornea opaca, albuginea, alba.

Lederhaut umgibt das Auge vom Sehnerveneintritt bis zum *Sulcus Sclerae* an der Vorderseite des Augapfels und ist beim Lebenden, in ihrem vorderen Theil von der *Conjunctiva* bedeckt, als das Weisse im Auge in der Lidspalte zu sehen. Diese Parthie ist entweder ganz weiss glänzend, oder etwas bläulich gefärbt, was bei Erwachsenen von einem grösseren oder geringeren Gehalt an Pigment, bei Kindern aber, wo es die Regel ist, von dem durch die dünne *Sclera* durchscheinenden, dunkelgefärbten tieferen Schichten herrührt. Bei alten Leuten beobachtet man auch öfters eine schwach gelbliche ebenfalls von Pigmenteinlagerungen herrührende Färbung. Diese Haut ist im hintersten Theil ihres Umfanges, wo sie die äussere Scheide des Sehnerven und Bindegewebsverstärkungen von den *Vasa* und *Nervi ciliares* in sich aufnimmt am dicksten, 1 Mm. und darüber, und wird nach vorne ganz allmählig dünner. Kurz vor ihrem Ende, wo sie schon begonnen hat, sich der Einschnürung zuzuneigen, gehen dann die Sehnen der geraden Augenmuskeln in sie über, die sich fest mit ihr verflechten, fächerförmig ausbreiten und so einander entgegenkommend und in das Gewebe der *Sclera* eingewoben deren ganzen vordersten Theil verstärken, wie an mikroskopischen Schnitten, die in verschiedener Richtung geführt sind, zu sehen ist.

Fig. 14.



Durchschnitt der drei Häute des Bulbus. (Vergröss. 64). *S* Sclera. *Ch* Choroidea. *R* Retina. *Pch* Perichoroidealraum. 1—10, Schichten der Retina.

Dicht hinter dem Ansatz der Sehnen ist die *Sclera* am dünnsten. Auch unter den Sehnen der schiefen Augenmuskeln, die sich weiter hinten inseriren, ist eine wenn auch unbedeutende Verdünnung derselben zu bemerken. An den Stellen, wo sich keine Insertionen vorfinden, geht die Verdünnung der äusseren Augenhaut langsamer vor sich und macht von der fächerförmigen Ausbreitung der Muskeln an keine weitern Fortschritte. Die Dicke kurz vor dem vordern Ende der Membran beträgt etwa 0,4 Mm.

Die *Sclera* besteht aus dicht durcheinander gewebten, meist rechtwinkelig sich kreuzenden Bindegewebsbündeln, welche nach aussen gewöhnlich ohne weitere Beimischung sind, nach innen dagegen mehr oder weniger Pigmentzellen enthalten. (Fig. 14.) Die Gegend dicht hinter dem *Sulcus sclerae* ist durch eine grosse Anzahl äquatorial verlaufender Faserbündel characterisirt, die gleichsam wie ein einschnürender Ring die Einbiegung umgeben. Durch die mikroskopische Betrachtung wird die von älteren Anatomen behauptete Zusammensetzung der *Sclera* aus verschiedenen Schichten als nicht vorhanden nachgewiesen.

Auf der Aussenfläche ist die *Sclera* in ihrem ganzen Umfang mit dem umgebenden Bindegewebe durch sehr zarte, dehnbare Bündel verbunden, die die

Beweglichkeit des Bulbus in keiner Weise hemmen. An ihrer inneren Seite findet man stets pigmentirte Membranfetzen, deren bei Betrachtung der *Choroidea* noch gedacht werden soll.

Varietäten der Sclera sowohl, wie des ganzen Bulbus beruhen auf Entwickelungsfehlern und werden bei Beschreibung der Missbildungen abgehandelt werden.

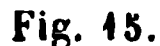
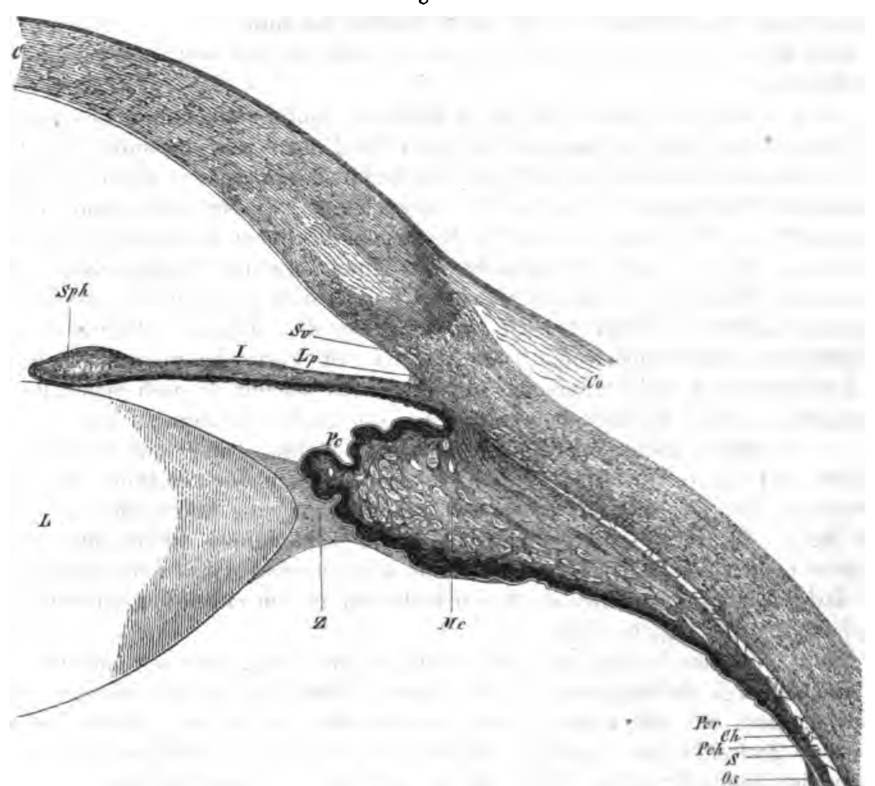


Fig. 15.



Durchschnitt durch den vordern Theil des Bulbus. (Vergr. 12). *C* Cornea. *Co* Conjunctiva. *Sv* Sinus venosus. *Lp* Lig. pectinatum. *S* Sclera. Die Erklärung der übrigen Bezeichnungen s. unten Fig. 17.

Am *Sulcus sclerae* finden sich auf dem Meridionaldurchschnitt nahe der inneren Oberfläche der Haut stets mehrere kleine und meist eine grössere spaltförmige Lücken, *Sinus venosus*[1]) (Fig. 15 *Sv*), die Querschnitte von Venenöffnungen, welche einen Plexus bildend (Rouget, Leber) um den ganzen Umkreis der *Sclera* verlaufen. Dicht vor dem *Sinus venosus* wandelt sich die undurchsichtige Lederhaut ziemlich rasch in den kleinen vorderen Abschnitt der *Tunica externa* um, in die Hornhaut, *Cornea*[2]). Die Umwandluug geht jedoch nicht in der ganzen Dicke auf einmal vor sich, sondern innen früher, aussen später. Dadurch erscheint dem unbewaffneten Auge, welches eine ganz scharfe Gränze wahrnimmt, die *Cornea* mit der *Sclera* in einer Linie zusammenzustossen, die wie eine Schuppennaht verläuft; aussen greift die *Sclera*, innen die *Cornea* über. Manchmal

[1]) Canal. Schlemmii, Plexus ciliaris (Leber).

[2]) Synon: Cornea pellucida.

findet man, dass die *Sclera* auch an der inneren Seite übergreift, so dass dann die Hornhaut wie in einer Rinne liegt. Man bezeichnet diese Vereinigungsstelle mit dem Namen Hornhautfalz (*Limbus corneae*). Derselbe ist nicht im ganzen Umfang gleich breit, sondern oben und unten deckt die Sclera ein grösseres Stück der Hornhaut als an der medialen und lateralen Seite, ein Verhalten, welches man auch am Lebenden, besonders bei Leuten mit gefärbter Iris wegen des durchscheinenden Farbstoffes, sehr leicht constatiren kann.

Nach MECKEL kommt auch in seltenen Fällen vor, dass am Falz die Cornea aussen über die Sclera übergreift.

Da nun aber die Cornea von innen besehen, einen vollkommen kreisförmigen Grenzcontour zeigt, so muss ihr äusserer Rand durch das erwähnte Verhalten der Lederhaut die Gestalt einer Ellipse annehmen, deren grosser, etwa 11,6 Mm. betragender Durchmesser transversal, deren kleiner 11,0 Mm. betragend, vertical gestellt ist. Die ganze äussere Oberfläche der Hornhaut ist elliptisch gewölbt (HELMHOLTZ, KNAPP) und zeigt nach DONDERS einen normalen Astigmatismus, der nach seinen Messungen derart ist, dass der Radius dieser Fläche in transversaler Richtung im Mittel 7,8 Mm. beträgt, während der des verticalen Bogens durchschnittlich nur eine Länge von 7,7 Mm. besitzt. Die Form der inneren Fläche ist am Lebenden noch nicht untersucht worden, doch scheint sie nach vielen Beobachtungen an ganz frischen Leichenaugen, sphärisch gekrümmt zu sein.

In der Mitte ist die Cornea am dünnsten (0,9 Mm.), hier laufen auch die äussere und innere Oberfläche einander parallel, nach der Peripherie dagegen divergiren sie, so dass die Dicke der ganzen Haut eine beträchtlichere wird (1,1 Mm.). Sie ist für gewöhnliches Licht sehr vollkommen durchsichtig, eine stärkere Lichtconcentration aber lässt sie opak erscheinen, was seinen Grund in der dadurch hervorgerufenen stärkeren Reflexion an den mikroskopischen Structurelementen des Organes hat.

Was ihre Structur anlangt, so besteht sie aus über einander gelegten Lamellen, die sich ihrerseits wieder aus feinsten Fibrillen zusammensetzen, und zwar so, dass die sich berührenden Lamellen ihre Fasern im rechten Winkel kreuzen. Zwischen den Lamellen bleiben von Strecke zu Strecke Lücken, in denen sich Zellen befinden. Nach aussen und innen ist diese Hauptsubstanz der Hornhaut durch eine Basalmembran abgeschlossen. Die äussere Basalmembran[1]) ist von geringerer Festigkeit als die innere Basalhaut (ROLLET), ist von verschiedener Dicke (0,004 — 0,01 Mm.), geht unmerklich in das eigentliche Corneagewebe über und ist desshalb nur schwer isolirbar. Gelingt es sie abzuziehen, so rollt sie sich nach innen ein. Sie trägt auf ihrer äusseren Oberfläche ein geschichtetes Pflasterepithel von 0,03 Mm. Dicke, welches der Cornea mit der Conjunctiva gemeinsam ist und am Rande der ersteren sich auf letztere continuirlich fortsetzt.

Die innere Basalhaut[2]) ist in ihrer Dicke weit constanter als die äussere. Die vorkommenden Verschiedenheiten beziehen sich hauptsächlich auf das Alter und die Region. Was das letztere Verhalten anlangt, so ist sie in der Mitte am dünnsten und wird nach aussen zu immer dicker. Den grössten Durchmesser erreicht sie

[1]) Synon: Lamina elastica anterior.
[2]) Synon: Membrana Duddeliana. M. Descemetii. M. Demoursii. Membrana humoris aquei. Capsula aquea cartilaginosa. Lamina elastica posterior.

dicht vor der Stelle, wo sie für schwache Vergrösserungen unsichtbar wird, da wo die plötzliche Verdünnung der Cornea nach dem Falz zu eintritt. Die Altersverschiedenheiten sind beträchtlich, beim Neugeborenen ist ihre Dicke höchstens 0,007 Mm., beim Erwachsenen in der Mitte 0,006 — 0,008 Mm. messend, ist sie am Rande schon auf die Dicke von 0,01 — 0,012 Mm. gestiegen. Bei Greisen beträgt die Mächtigkeit in der Mitte sogar 0,01, am Rande 0,015 — 0,02 Mm. (H. Müller). Sie ist im Gegensatz zur vordern Basalhaut auch nach der Corneasubstanz hin scharf abgegränzt und von derselben leicht abzustreifen. Isolirt rollt sie sich stets nach ihrer dem Inneren des Auges zugekehrten Fläche ein. Ihre innere Oberfläche trägt ein einfaches Plattenepithel.

Die lamellöse Structur der Cornea, die schon von Avicenna gekannt war, ist in operativer Beziehung desshalb von Bedeutung, weil das einstechende Messer der Spaltrichtung folgend, leicht von dem gewünschten Wege abweichen kann. Es erfordert desshalb der Einstich wie Hyrtl sehr richtig bemerkt, stets eine gewisse Beherztheit. Ferner möchte es für den Operateur von Wichtigkeit sein, zu wiederholen, dass der äussere und innere Hornhautrand sich nicht gegenüberliegen und dass ein kurz hinter dem äusseren Rand angelegter Schnitt nach innen, besonders oben und unten, noch sehr leicht in die Corneasubstanz fallen kann.

Zuletzt ist noch einer Veränderung zu gedenken, welche die normale Hornhaut im Alter zeigt. Sie verliert in der Peripherie ihre Durchsichtigkeit und gewinnt hier ein weisslich opakes, in späterer Zeit selbst bräunliches Ansehen. Man nennt diese Erscheinung *Arcus senilis*, Greisenbogen [1]). Er verdankt seine Entstehung einer Einlagerung von Fettkörnchen in der Hornhautsubstanz. Er wird bei Männern öfter beobachtet als bei Frauen. Seine Entstehung fällt nicht immer in das gleiche Lebensalter. Manchmal begegnet man Fünfzigern, die schon einen Greisenbogen zeigen, ein andermal können hohe Sechziger noch eine ganz klare Cornea haben. Er entsteht am unteren, oder oberen Rand der Hornhaut als kleiner Halbmond, dem sich nach einiger Zeit ein anderer gegenüberliegender zugesellt. Indem sich nun beide immer mehr ausdehnen, stossen sie endlich zusammen und bilden so einen um die ganze Hornhautperipherie herumgehenden Kreis (Huschke). Peripherisch ist der Greisenbogen am undurchsichtigsten, nach dem Centrum der Cornea zu hört er allmählig verwaschen auf.

§ 15. Der äusseren Augenhaut folgt nach dem Inneren des Auges zu eine zweite membranöse Schichte, die *Tunica media* [2]). Sie liegt der Sclera vom Eintritt des Sehnerven an, bis an ihr vorderes Ende sehr innig angeschmiegt auf, und wiederholt deren Form mit ihrer äussern Fläche auf das Genaueste. Eine wirkliche Verwachsung findet nur Statt am Eintritt des Sehnerven und an Stelle des *Sulcus Sclerae*. Sonst ist eine Verbindung zwischen *Tunica media* und *externa*, wenn man von den zahlreichen übertretenden Nerven und Gefässen absieht, nicht vorhanden. Letztere sollen besonders in der Gegend der *Macula lutea* eine festere Adhäsion bedingen. Dem *Sulcus sclerae* gegenüber aber wendet sie sich plötzlich im Winkel nach der Augenaxe zu und ragt so als Blendung, *Iris*, durch die Cornea hindurch auch am unverletzten Auge sichtbar, frei ins Auge hinein. Nach vorne ist sie nicht ganz geschlossen, sondern zeigt eine kreis-

[1]) Synon. Gerontoxon, Macula corneae, Macula arcuata, Hornhautring.
[2]) Synon: Tunica uvea, tunica vasculosa.

runde Oeffnung, die Pupille, welche bei günstiger Beleuchtung einen Einblick in das Innere des Auges erlaubt, wie sie ja überhaupt als Diaphragma für die auf die eigentlich empfindende Schichte des Auges fallenden Lichtstrahlen benützt wird. Der Function gemäss, welche die mittlere Augenhaut hat, und die eine ernährende und vorzüglich regulatorische im weitesten Sinne genannt werden muss, besteht sie ganz aus Blutgefässen, Muskeln und den zugehörigen Nerven, welche nur durch die nöthigste Bindesubstanz zusammengehalten werden. Doch sind diese Hauptbestandtheile nicht in ein Stratum vereinigt, sondern liegen, auch dem blossen Auge sichtbar, getrennt, so dass sich durch diese Anordnung verschiedene, leicht unterscheidbare Abtheilungen ergeben.

Der hintere Theil, welcher als Membran die Form der Sclera vollständig wiederholt, ist die Choroidea. Sie beginnt mit einer Oeffnung, welche den Sehnerven durchlässt, dem *Foramen opticum choroideae* im Hintergrund des Auges, und erstreckt sich nach vorne bis zur Grenze des vorderen und mittleren Drittels. Sie ist fast nur aus Gefässen zusammengesetzt. Am vorderen Drittel erheben sich allmählig niedre Falten, welche dann höher und höher werdend, in der Gegend des Linsenrandes umbiegen und zur Wurzel der Iris zurückweichen. Diese Falten, *Processus ciliares*, stehen nicht auf der Membran, wie sie im hinteren Theil gebaut ist, sondern auf der nun auftretenden Muskulatur, *Musculus ciliaris*. Diese bildet einen allmählig sich verstärkenden gewulsteten Ring [1]), der mit der Erhebung der *Processus ciliaris* beginnend mit ihrer höchsten Höhe zugleich seine grösste Mächtigkeit erlangt und dann ebenfalls zur Wurzel der Iris zurückweicht. Die ganze Verdickung der *Choroidea*, Muskel und Falten zusammen, nennt man *Corpus ciliare* [2]). Die Iris selbst ist wieder verdünnt, und stellt eine ringförmige durchbohrte Platte dar. Wegen ihrer so verschiedenen Gestaltung und Structur erfordern die einzelnen Theile der *Tunica media* eine gesonderte Betrachtung.

Was zuerst die *Choroidea* anlangt, so ist sie eine zarte, leicht zerreissliche Haut, deren capillare Gefässe nach dem Tode fast immer gefüllt erscheinen, wodurch die äussere Fläche eine dunkelrostbraune Färbung erhält. Sind die Blutgefässe leer, so ist die Aussenfläche einfach dunkelbraun. Die Innenfläche erscheint, wenn man die ihr ziemlich locker aufliegende Pigmentmembran abnimmt, ebenfalls braun, jedoch weniger stark gefärbt, als die Aussenseite. Während die innere Oberfläche vollkommen glatt und ohne Verbindung mit der ihr anliegenden Netzhaut ist, zeigt die Aussenfläche, wenn man sie unter Wasser betrachtet, eine Menge flottirender, braun gefärbter Fetzen, welche mit den der Sclera anhaftenden, ähnlichen Gewebstheilen, die schon oben erwähnt wurden, eine Membran bildet, die als *Membrana suprachoroidea* der eigentlichen *Choroidea* aufliegt. Dass eine intacte Erhaltung dieser Membran nie gelingen kann, findet seine Erklärung darin, dass die hier auf die *Choroidea* übertretenden Nerven und Gefässe bei der Präparation abgerissen werden und entweder auf der Choroideal- oder auf der Scleralseite, Gewebsfetzen mit sich nehmend, hängen bleiben. Bei der Betrachtung der Choroidea von aussen so-

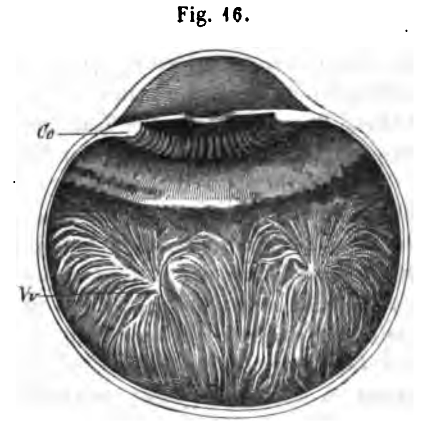
---

[1]) Zugleich mit der Anheftung an die Sclera von den älteren Autoren als Annulus ciliaris, Circulus cil., Orbiculus cil., Ligament. sclerotico-choroid., Ligamentum ciliare, Strahlenband beschrieben.

[2]) Corona ciliaris, orbiculus ciliaris, tunica ciliar., Strahlenkörper.

wohl als auch von der von Pigment befreiten Innenseite aus, fallen ferner zierlich angeordnete fontainenartige Zeichnungen auf, welche den abführenden Venen, die von ihrer wirbelartigen Gestalt den Namen *Venae vorticosae* führen, entsprechen. (Fig. 16.) Diese Figuren treten desshalb so deutlich als hellere Streifen hervor, weil sich das Pigment der Choroidea hauptsächlich zu beiden Seiten der sie durchziehenden Gefässe anhäuft und ihre der Oberfläche zugekehrte Seite frei lässt. Solche Wirbel, aus 10—12 zuführenden Venen zusammengesetzt, finden sich meist 4, manchmal auch dadurch, dass statt eines einzigen, zwei nebeneinanderliegende Stämmchen entstehen, 5 selbst 6 und in sehr seltenen Fällen noch mehr (Leber). Die Knotenpunkte liegen in annähernd gleichen Abständen von einander und nehmen ungefähr die Gegend des Bulbus ein, wo dessen hinteres Drittel mit dem mittleren zusammenstösst. Diese Venen, die man also ohne weitere Präparation erblickt, liegen mit den übrigen meridional verlaufenden Gefässen der *Choroidea*, welche erst durch Injektion mit farbigen Massen und unter dem Vergrösserungsglas vollkommen deutlich hervortreten so, dass sie je nach ihrem Kaliber verschiedene Theile der Choroidea einnehmen.

Fig. 16.



Sagittalschnitt des Bulbus. Vergr. 3. Die Retina ist abgenommen, die Pigmentmembran mit dem Pinsel entfernt. *Cc* Ciliarkörper. *Vv* Die durch die inneren Schichten der Choroidea hindurch sichtbaren Venae vorticosae.

Es lassen sich deshalb an Querschnitten der letzteren mehrere Schichten nachweisen. Nach dem Inneren des Auges zu sind die Gefässe gegen die Pigmentmembran durch eine Basalhaut [1]) abgeschlossen. Auf sie folgen dann in eine structurlose Masse eingebettet, die feineren Gefässe als zweite Schichte [2]), welcher das Pigment vollkommen fehlt. Dieses findet sich erst in der dritten Schichte, welche die groben Gefässe [3]) enthält und in der vierten, der oben erwähnten *Suprachoroidea*. Beide letzteren Schichten enthalten neben den Gefässen noch viel elastisches Gewebe, welches den Pigmentzellen als Träger dient.

Ob die *Choroidea* geschichtet sei oder nicht, darüber wurde früher, als das Mikroskop noch nicht in so grosser Ausdehnung wie jetzt benützt wurde, vielfach gestritten. Ruysch war es, der zuerst behauptete, die Choroidea bestehe aus zwei Lamellen, und die Anatomen erklärten sich für oder wider; besonders ist Zinn als Vorkämpfer gegen die Lamellentheilung zu erwähnen, dem auch die späteren Schriftsteller sich anschlossen, während Hovius auf der anderen Seite so weit ging, selbst fünf Schichten anzunehmen, wofür ihn auch Zinn »*novitatis potius, quam veri studiosus*« nennt. Das Mikroskop hat alle diese Streitigkeiten abgeschnitten.

Die Dicke der Choroidea wechselt sehr mit der Füllung der Gefässe und wird zu 0,05—0,08 Mm. angegeben; nach vorne wird sie etwas dünner.

---

1) Membrana Bruchii autor.

2) Membrana Ruyschiana.

3) Tunica vasculosa Halleri. Diese Schichte ist in der schwach vergrösserten Fig allein sichtbar.

Dicht an der Eintrittsstelle des *N. opticus* gehen die Schichten der Choroidea in einen dünnen Ring über, welcher aus concentrischen Fasern besteht und das etwa 1,4 Mm. im Durchmesser haltende *Foramen opticum choroideae* bildend, die Membran gegen den Sehnerven abschliesst. Gegen den letzteren ist der Ring bisweilen scharf abgesetzt, bisweilen erstrecken sich Fasern zwischen seine Bündel hinein (H. Müller).

Die Angabe H. Müller's, dass die innere Schichte der Choroidea diesen Ring bilde, konnte nicht bestätigt werden, vielmehr scheint nur der äussere Theil der Membran betheiligt zu sein, wofür nächst der ganzen Structur des Gewebes, die reichliche Beimischung von Pigmentzellen spricht.

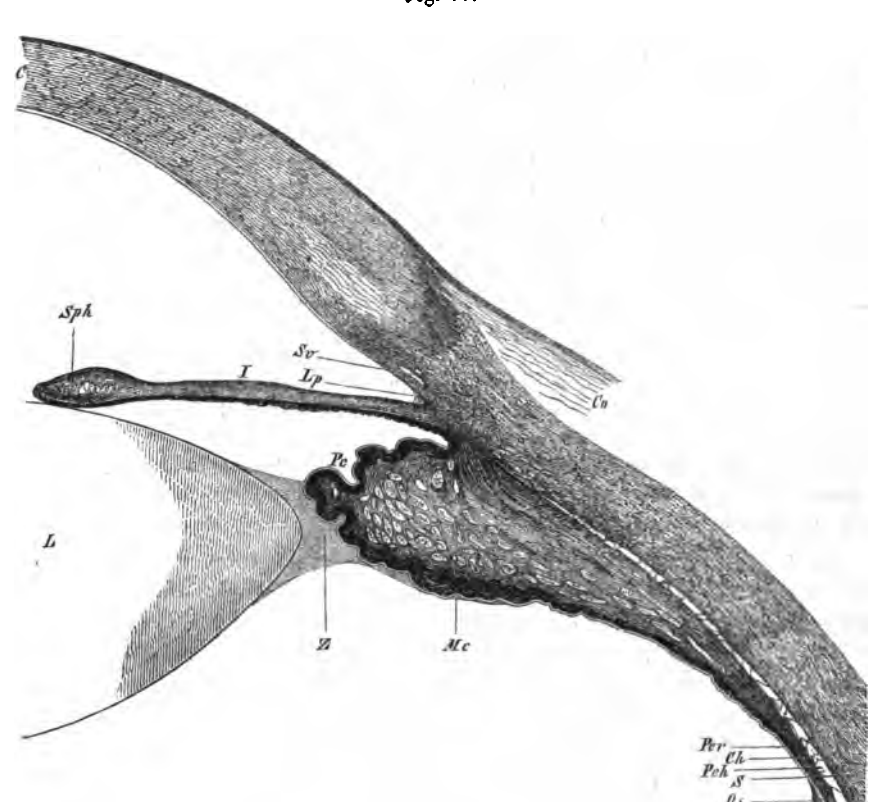
Das vordere Ende der eigentlichen Choroidea wird bezeichnet durch eine Aenderung in der Anordnung des wesentlichsten Theiles, der Gefässe. Es hören hier die Schichten der Choroidea auf eine so regelmässige Anordnung zu zeigen; die den Wirbelgefässen zuströmenden Venen verschwinden, die innerste Schichte, die der feinsten Gefässe, endet ziemlich scharf, und an Stelle des in der Choroidea vorhandenen Gefässverlaufes treten gerade nach vorn verlaufende Zweige ohne weitere Besonderheit. Die Zone der mittleren Augenhaut, von dieser Veränderung an bis zu dem Beginne der Ciliarfortsätze wird *Orbiculus ciliaris* genannt.

Auch die dritte Augenhaut, die Retina, geht an demselben Ort, wie unten näher ausgeführt werden soll, eine tiefgreifende Aenderung ihrer ganzen Struktur ein, und so findet sich hier also eine wichtige Grenzstelle, welche Vorder- und Hinterhemisphäre des Bulbus scharf unterscheiden lässt. Während im Inneren der Choroidea ein Verschwinden und ein Zusammenfliessen der erst so wohl getrennten Schichten vor sich geht, lagert sich der äusseren Fläche, zwischen ihr und der *Suprachoroidea* das zweite Hauptelement, die Musculatur auf (Fig. 17 *Mc*). Zuerst in schwacher Lage auftretend, wird sie immer dicker, bis sie endlich zu einem ansehnlichen, auf dem Durchmesser 1,0 Mm. dicken Organ anschwillt, und nun erst gegen den *Sinus venosus* wieder zurückweicht, an dessen innerer Wand sie sich mittelst eines festen Bindegewebes inserirt, welches mit derselben so fest verwächst, dass sie beim Abreissen des Muskels von seiner Insertion fast stets mitgenommen wird. (Fig. 17.) Die Muskulatur entbehrt des Pigmentes, weshalb sie, sowohl von der Fläche betrachtet, wie auch auf dem, einen langgezogenen, stumpfwinkeligen Dreieck gleichenden Durchschnitt, eine weissliche wegen des von Innen durchschimmernden Pigmentes etwas ins Graue spielende Färbung zeigt, welche den Muskel auf das schärfste von den anliegenden Theilen unterscheiden lässt[1]. Seine Fasern sind organische und zeigen in den verschiedenen Theilen eine verschiedene Richtung. Die der *Suprachoroidea* anliegende Basis des Durchschnitts-Dreiecks wird von radiären Bündeln gebildet, welche sich nach dem Innern desselben in gleichem Verlauf hineinerstrecken. Die Spitze des Dreiecks, die am weitesten gegen die Axe des Auges vorspringt, wird von circulären Fasern eingenommen. Der Uebergang zwischen beiden Verlaufsweisen wird durch gekreuzte Bündel hergestellt, die aus der einen in die andere Richtung übertreten (Fig. 17).

[1] Zinn nennt nur den an der äusseren Seite scharf gegen die Choroidea abgesetzten Rand und den Beginn des Ciliarmuskels »Orbiculus ciliaris«, eine Bezeichnung, welche, wie aus den oben gegebenen Noten hervorgeht, von den verschiedenen Autoren nach der Reihe eigentlich für jedes Gebilde des Corpus ciliare gebraucht wird.

Bei der vor sich gehenden Veränderung der äusseren Fläche und der Verdickung der ganzen Membran bleibt auch die Innenseite nicht glatt wie in der Choroidea, sondern es erheben sich äusserst feine, Anfangs kaum sichtbare Fältchen, welche dicht zusammenstehend, über den *Orbiculus ciliaris* in gerader Richtung nach vorn verlaufen. Wo der Muskel beginnt, sich erheblicher zu verdicken, treten diese zarten Firsten zu drei oder vier zusammen und bilden so eine lappenförmige, den nach dem Innern des Auges gekehrten Rand mehrfach mäandrisch windende Falte, einen *Processus ciliaris*, der ebenfalls aus Choroi-

Fig. 17.



Mc Musculus ciliaris. *Pc* Processus ciliaris nur in seinem Anfangstheil getroffen. *Ch* Choroidea. *I* Iris, durch die Müller'sche Flüssigkeit, in der das Auge gehärtet wurde, etwas geschrumpft. *Sph* Muscul. sphincter iridis. *Pch* Perichoroidealraum. *Os* Ora serrata der Retina. *Z* Zonula. *L* Linse. (Die übrigen Bezeichnungen s. Fig. 15.)

dealstroma mit eingelagerten Blutgefässen besteht. Diese Ciliarfortsätze, sehr constant 70 an der Zahl, umstehen radienförmig die Linse, ohne sie jedoch zu erreichen und stechen durch ihre weissliche Farbe sehr zierlich gegen die Umgebung ab. Nach vorne gehen von ihnen immer niedriger werdende Falten aus, welche auf die Rückfläche der Iris übertreten. Nicht alle kleinen Fältchen des *Orbiculus ciliaris* sind jedoch zur Bildung der *Processus ciliares* verbraucht, eine Anzahl

geht auch zwischen sie hinein, hier niedere Falten bildend, *Plicae ciliares* (KRAUSE), welche durch ihre dicke Pigmentbedeckung sowohl, wie durch ihr Verbergen hinter den prominenteren *Processus ciliares* leicht der Beobachtung entgehen. Zwischen den Falten und Fältchen des *Corpus ciliare* ist der Muskel von einer dünneren gleichmässigen Bindegewebslage bedeckt, die der Substanz der Ciliarfortsätze identisch ist.

Nicht immer gehen die *Processus ciliares* aus den Fältchen des *Orbiculus* hervor, öfters erheben sie sich unvermittelt aus seiner Fläche, während die Fältchen ganz in die Bildung der *Plicae ciliares* aufgehen.

Die Anzahl der *Processus ciliares* wurde in früherer Zeit, wo man wahrscheinlich viel an Thieraugen beobachtete, sehr verschieden angegeben. Zwischen 44 (PALLUCCI) und 90 (RUYSCH) schwanken die Ziffern. Nimmt man nur die mit blossem Auge sichtbaren Fortsätze als eigentliche *Processus ciliares* an, so finde ich bei oft wiederholten Zählungen mit ZINN, MECKEL, KRAUSE, HENLE und andren sehr constant die Zahl 70. Die Zahlen 69 und 71 sind mir ebenfalls begegnet, doch scheinen grössere Schwankungen nur sehr selten zu sein.

Nicht leicht herrschte in einem Theil der Anatomie des Auges bei den alten Anatomen eine solche Unklarheit wie gerade in Bezug auf den Ciliarkörper. VESAL legt ihn in den Aequator des Bulbus, die Späteren lassen ihn mit der Linse fest verwachsen. HEISTER und nach ihm CAMPER, HALLER, ZINN und Andere erkannten allmählig die richtige Gestalt. Besonders ist es ZINN, der eine treffliche Beschreibung dieser Theile liefert. Die Muskulatur des *Corpus ciliare* konnte begreiflicher Weise nicht sicher erkannt sein, bis die optischen Hilfsmittel hierzu ausreichten, und so müssen auch frühere Versuche eine Muskulatur zu finden wie z. B. von BOERHAVE als misslungen bezeichnet werden. Erst BRÜCKE und TODD-BOWMANN weisen ziemlich gleichzeitig in den vierziger Jahren die Existenz derselben nach. Die Verlaufsweise wurde erst vor Kurzem durch F. E. SCHULZE's sichere Methoden bis ins Detail erkannt, von IWANOFF und Anderen bestätigt.

Eine Trennung des Muskels in einen *Tensor choroideae* (BRÜCKE) und *Compressor lentis* (H. MÜLLER) ist nach diesen Untersuchungen unstatthaft, indem beide Faserrichtungen die gleiche Wirkung haben.

Die *Iris*, der letzte Theil der mittleren Augenhaut, welcher als durchbohrte, völlig kreisrunde Scheibe frei ins Auge hineinragt, ist wie die Choroidea ein weiches und leicht zerreissbares Gebilde, welches nur in der Umgebung der Pupille grössere Festigkeit zeigt, und besteht aus einer bindegewebigen Grundlage, welche von einer grossen Menge von Gefässen durchzogen ist und eine ausgebildete Muskulatur trägt. Sie erhebt sich aus der dem Innern des Auges zugekehrten freien Oberfläche des Ciliarkörpers, entsteht unmittelbar aus dem Gewebe der *Processus ciliares* und der zwischen diesen liegenden Bedeckung des Ciliarmuskels und ist gehalten durch ein aus netzförmigen Balken bestehendes Band, das *Lig. pectinatum* [1]), welches vom Ende der *Cornea* abgehend, zur Basis der Iris gespannt ist, etwa in der Art, wie man einen horizontal gelegten Balken der herunter zu sinken droht, mit Stricken in seiner Lage halten würde. (Fig. 17 *Lp.*) Das Gewebe, welches die Gefässe umgiebt, ist ganz besonders locker, während sowohl nach hinten wie nach vorne von ihnen eine aus festerm Bindegewebe bestehende Platte liegt, hinten eine radiäre Anordnung der Fasern zeigend, während die bei vielen Thieren zu beobachtende circuläre Lagerung an der Vorder-

---

1) Die zwischen den Maschen desselben bleibenden Zwischenräume beschrieb man früher als Canalis Fontanae.

seite der menschlichen Iris nicht ausgeprägt nachzuweisen ist. Die Gefässe selbst zeichnen sich durch eine für ihr Kaliber besonders starke und derbe Adventitia aus, welche sie schwerer zerreisslich macht, als es anderwärts der Fall zu sein pflegt.

Die Muskulatur der Iris zerfällt in zwei Theile, einen Verengerer der Pupille *Sphincter pupillae* und einen Erweiterer, *Dilatator*. Der erstere, kreisförmig um den *Margo pupillaris* gelagert, besteht aus einem 0,8 — 1 Mm. breiten Muskelring von 0,07 — 0,1 Mm. Dicke, der nach der Pupille zu fast den freien Rand erreicht und so in das Gewebe eingelassen ist, dass er hinter den Gefässen unter der dem Hintergrund des Auges zugekehrten Oberfläche liegt (Fig. 17 *Sph*). Der *Dilatator pupillae* stellt eine dünne Lage von radiär angeordneten Faserzellen dar und ist der hinteren Oberfläche vom angewachsenen *Margo ciliaris* bis zum freien *Margo pupillaris* aufgelagert. Am Ciliarrande biegen seine Bündel um und bilden eine circuläre Schichte; während er den *Sphincter pupillae* überzieht, tauscht er mit diesem Faserbündel aus.

Die Dicke der ganzen Haut ist in der Nähe des Ciliarrandes am mächtigsten (0,4 Mm.) und nimmt allmählig gegen den Pupillarrand ab (0,2 Mm.)

Was die Oberflächen anlangt, so ist die hintere nicht völlig glatt, sondern zeigt radiär gestellte Falten, die, wie oben schon bemerkt, von den *Processus ciliares* ausgehen und nach der Pupille zu im Bereich des *Sphincter* sich verlieren. Sie wird von der sogleich zu beschreibenden Pigmentmembran überzogen.

Die vordere Oberfläche, welche man bequem am Lebenden studiren kann, ist sehr verschieden gestaltet, und es giebt wohl kaum zwei Augen, welche eine völlig gleiche Configuration derselben zeigen. Doch lässt sich im Allgemeinen als Regel aufstellen, dass am *Margo ciliaris* die Iris am glattesten und gleichmässigsten erscheint. Nach der Augenaxe hin wird die Oberfläche unregelmässiger, kleine Grübchen wechseln ab mit netzförmig verbundenen, diese umgebenden Erhöhungen, die so gross werden können, dass sie als kleine Lappen oder Flocken erscheinen. In der Nähe der Pupille ändert sich in den meisten Augen dieses Ansehen und es treten etwa 1 Mm. vom Pupillarrande entfernt von einer unregelmässigen sternförmigen oder polygonalen Linie an, kleine Falten auf, welche nun zum *Margo pupillaris* hinlaufen. Diese Grenzlinie entspricht dem Gefässkranz[1], der zwischen der äusseren und inneren Gefässzone der Iris liegt. Die Fältchen können sich nun auch auf den peripherischen Theil der Iris fortsetzen oder können ganz fehlen. Bei einer völlig ungefärbten Iris complicirt sich das Bild der vordern Oberfläche noch dadurch, dass durch sie die geschlängelten Gefässe wegen ihrer starken Adventitia mehr oder weniger deutlich als weissliche Linien durchschimmern. Sie ist bei Kindern meist sehr viel glatter und von einem einfachen Plattenepithel überzogen, welches bei Erwachsenen fehlt.

Die Farbe der Iris, die bekanntlich bei verschiedenen Individuen wechselt, ist an den Pigmentgehalt dieser vordern Oberfläche geknüpft. Eine farblose Iris erscheint durch Interferenz blau. Farblos sind die Augen aller Neugeborenen. Im Laufe des ersten Lebensjahres lagert sich dann das Pigment ab und bis zur Mitte des zweiten pflegt die Farbe der Iris entschieden zu sein. Doch dunkeln die Augen im spätern Leben stets noch etwas nach. Vollkommen blau pflegt die

[1]) Circul. arterios. minor.

Iris beim Erwachsenen in unsern Gegenden so gut wie niemals zu bleiben, sondern stets finden sich vor dem *Sphincter pupillae* unregelmässig eingestreute grosse Pigmentballen, die meist auch makroskopisch als ein schwacher, brauner Anflug zu sehen sind. Pigmentirt sich die Iris stärker, so verbreitet sich fast stets von der Pupillaröffnung an die Farbe nach der Peripherie, doch nicht immer ganz regelmässig, woher es kommt, dass man öfters gefleckten Augen begegnet. Bei nicht ganz dunkeln Augen findet man stets die Parthie bis zu der vorhin erwähnten polygonalen oder sternförmigen Linie am dunkelsten, während der äussere Theil heller erscheint. Je nach der Masse des Pigmentes wechselt die Farbe der Iris von hellgrau oder grünlich bis zu tiefbraun, fast schwarz.

Die Pupille, welche die Iris durchbohrt, stellt ein vollkommen zirkelrundes Loch dar, doch liegt sie nicht genau in der Mitte der Membran, sondern weicht wenig aber doch leicht kenntlich (um den 6. Theil ihres Durchmessers Weber H. nach der Nasenseite und etwas nach unten hin, ab. Der sie umgränzende Rand wird nicht von der Iris selbst, sondern von dem hinteren Pigmentbelag gebildet, welcher die Iris bis zum Beginn der Vorderfläche überzieht. Auch dieses Factum ist leicht am Lebenden zu constatiren und bildet für Leiden der Iris einen nicht zu unterschätzenden diagnostischen Anhaltspunkt. Der Durchmesser der Pupillenöffnung und in umgekehrtem Verhältniss der Iris selbst ist ein sehr verschiedener, je nach dem Contractionszustand beider Iris-Muskeln. Im Tode, wo die mittlere Weite der Pupille einzutreten pflegt, beträgt nach Henle ihr Durchmesser 3 — 6 Mm., der der Iris 3,5 — 4,5 Mm. Nach Krause's richtiger Angabe sind die Mittelpunkte der beiden Pupillen 2″ 2‴ (58,5 Mm.) von einander entfernt.

Schon frühzeitig beschrieb man die Iris gut und ziemlich richtig, obgleich besonders die vielen Verschiedenheiten der vordern Fläche meist viel zu individuell dargestellt wurden. Mit der Vervollkommnung der optischen Hilfsmittel wurde dann auch — zuerst von Valentin — der *Sphincter pupillae* gefunden, während der Dilatator bis auf den heutigen Tag streitig blieb (Grünhagen). Mir selbst ist es gelungen, ihn an Augen, die in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet waren, mittelst Blauholzfärbung vollkommen sicher darzustellen, nachdem schon ein Schüler Iwanoff's in Stricker's Handbuch eine kurze Beschreibung desselben gegeben hatte. Von früheren Untersuchern wurde derselbe an die verschiedensten Stellen der Iris gelegt, nach vorne, in die Mitte, von vorne nach hinten schräg aufsteigend u. s. w.

Obgleich mir Grünhagen in seiner neuesten Publication (Schultze's Archiv Bd. IX, 4) in dieser Angelegenheit rund das Wort abschneidet, sehe ich mich doch genöthigt, bei meiner Ansicht zu beharren, nur stütze ich mich dabei nicht auf mein eigenes Urtheil allein, sondern auch auf das Urtheil einer ganzen Reihe unserer hervorragendsten Mikroskopiker, die glatte Muskelfasern mindestens eben so gut zu diagnosticiren im Stande sind als Grünhagen.

Die Gestaltung der Vorderfläche muss ich trotz mehrfacher entgegenstehender Darstellungen nach dem Resultat vieler Beobachtungen in der oben gegebenen Weise beschreiben.

Varietäten der Iris, welche nicht direct in das Gebiet der Missbildungen fallen, wurden nur höchst selten beobachtet. Plempius und Haller sahen ovale Pupillen, Hyrtl erwähnt (top. Anat.) einen von Velpeau beobachteten Fall, in welchem eine Iris von drei Pupillen durchbohrt war. Ob in sämmtlichen Fällen nicht pathologische Veränderungen vorlagen, muss dahingestellt bleiben. (Literatur der Irisvarietäten s. Huschke Eingeweidel. p. 699.)

§ 16. Zwischen der mittleren und der inneren Augenhaut liegt eine sehr zarte aus polygonalen, meist sechseckigen Pigmentzellen bestehende Membran, welche man früher stets als innerste Schichte der Choroidea beschrieb, während sie in der neuesten Zeit nach Vorgang M. Schultze's, aus entwickelungsgeschichtlichen Gründen der Retina zugezählt wird. Da sie jedoch die Retina nach vorne

hin überragt, also nicht an allen Stellen des Auges untrennbar mit dieser Membran vereint vorkommt, so wird hier vorgezogen, sie gesondert zu behandeln.

Diese Pigmentmembran[1]) ist von tiefschwarzer Farbe, von sammtartigem, mattem Glanze und grosser Zartheit. Niemals lässt sie sich im Ganzen abziehen, sondern stets gelingt es nur — besonders leicht etwas länger nach dem Tode — sie in Fetzen zu isoliren. Trennt man die mittlere und innere Augenhaut von einander, so bleibt die Pigmentmembran fast immer auf der ersteren haften. Sie beginnt am *Foramen opticum choroideae* und überzieht vollkommen gleichmässig die mittlere Augenhaut. Nur an Stelle der *Macula lutea* werden ihre Zellen etwas höher und noch dunkler gefärbt (H. Müller). Am *Orbiculus ciliaris* verdickt sich das *Stratum pigmenti* unbeträchtlich, erleidet aber weiter keine Unterbrechung. Nach vorne setzt es sich beträchtlich verdickt zwischen die *Processus ciliares* fort, während die letzteren selbst nur einen dünnen Pigmentüberzug haben, und auf dem inneren Rand sogar ganz frei davon bleiben, wodurch sich ihre weissliche Farbe, die sie vor den übrigen Gebilden der mittleren Augenhaut auszeichnet, erklärt. Auf der Rückfläche der Iris stellt sich die ursprüngliche, gleichmässige Membran[2]) wieder her und überzieht sie, wie erwähnt, bis zum Pupillarrand, diesen noch umrahmend.

Bei Kindern ist die Pigmentmembran kräftiger entwickelt, sie ist dicker und überzieht auch die Spitzen der Ciliarfortsätze. Auf der Rückseite der Iris ist sie meist so stark, dass sie sich durch Maceration als ganze Membran isoliren lässt (Zinn, Arnold u. a.).

Varietäten dieser Membran kommen nicht vor, wenn man nicht hier das Fehlen des sämmtlichen Pigmentes im Körper anführen will, wie es bei Leukäthiopen beobachtet wird. In solchen Fällen ist natürlich auch diese Membran pigmentlos, wie die übrigen sonst pigmenthaltigen Theile des Auges und es erscheint besonders die mittlere Augenhaut durch ihren starken Blutgehalt roth.

§ 17. Die innere Augenhaut (*Tunica interna*), die Netzhaut, Retina, ist die direkte Fortsetzung des *Nerv. opticus*, dessen membranöse Ausbreitung sie darstellt, und ist als solche die eigentlich percipirende Fläche des Auges. Sie schliesst sich der Pigmentmembran dicht an, ohne im hinteren Theil des Auges mit ihr wirklich zu verwachsen. Ein innigerer Zusammenhang erfolgt erst an einer festonartig ausgezackten Linie, der *Ora serrata*, welche mit dem Beginn des *Orbiculus ciliaris* zusammenfallend, die eigentlich percipirenden Theile der Retina abschliesst. Von hier aus gehen nach vorne nur ihre bindegewebigen Elemente weiter und überziehen als *Pars ciliaris retinae* die ganze innere Oberfläche des *Orbiculus* und des *Corpus ciliare*, um dann an der Wurzel der Iris zu enden.

Im Lebenden und sehr kurze Zeit nach dem Tode ist die Retina so durchsichtig, dass man sie so gut wie gar nicht sieht, und dass sie ihre Anwesenheit nur durch die in ihr enthaltenen Blutgefässe, die frei über der Pigmentmembran zu schweben scheinen, und eine gelb gefärbte Stelle, die *Macula lutea*, kundgibt. Von ihrer Anwesenheit kann man sich nur dadurch überzeugen, dass man sie etwas abzuheben sucht, wobei durch die entstehenden Falten und die dadurch

---

1) Syn: Tapetum nigrum, Stratum pigmenti, Pigmentum nigrum.
2) Hier auch Uvea genannt.

hervorgerufene Unordnung der mikroskopischen Structurelemente eine blassgraue Färbung der Membran mit ganz schwach röthlichem Schimmer entsteht.

An der *Ora serrata*, wo sich die Retina plötzlich bedeutend verdünnt (Fig. 17 *Os*), wird die Durchsichtigkeit der Haut eine womöglich noch grössere.

Sehr bald nach dem Tode trübt sich die Haut so, dass sie erst weniger durchscheinend ist, zuletzt aber grauweiss und so opak wird, dass die unterliegende Pigmentmembran nicht mehr zu sehen ist. Am längsten hält sich die *Pars ciliaris* durchsichtig, was sowohl von ihrer geringen Mächtigkeit, als auch von dem Fehlen der so vergänglichen und gerinnungsfähigen Nervenelemente herrührt.

Schon die vollkommen frische Retina ist so zart, dass auch die leiseste Berührung Zerreissungen veranlasst. Einige Zeit nach dem Tode aber wird ihre Consistenz eine so geringe, dass es zu ihrer Zerstörung keiner äusseren Gewalt mehr bedarf, sie zerfliesst nun ganz von selbst.

Die Netzhaut besteht aus mehreren Schichten, welche nach der von M. Schultze jetzt benützten Nomenclatur, die wohl bald allgemein angenommen werden wird, von innen nach aussen folgendermassen heissen (Fig. 14. 1—10):

1. *Membrana limitans externa.*
2. Opticusfaserschichte.
3. Ganglienzellenschichte.
4. Innere granulirte Schichte.
5. Innere Körnerschichte.
6. Aeussere granulirte Schichte[1].
7. Aeussere Körnerschichte (mit Einschluss der an gewissen Stellen der Netzhaut vorhandenen äusseren Faserschichte).
8. *Membrana limitans externa.*
9. Stäbchen- und Zapfenschichte.

Als zehnte Schichte würde nun noch die Pigmentmembran zu nennen sein.

Von diesen sämmtlichen Lagen ist jedoch an der frischen Netzhaut nichts zu sehen, hier heben sich nur drei Punkte hervor, welche deutlich sichtbar sind, es ist dies der Eintritt des Sehnerven in das Auge und die Retina, der gelbe Fleck (*Macula lutea*[2]) und die *Ora serrata.*

Theilt man ein normales ganz frisches, noch warmes Auge durch einen Aequatorialschnitt in zwei Hälften, so erscheint im hinteren Segment der Eintritt des Sehnerven (*Papilla nervi optici*[3]) als eine völlig kreisrunde Figur von vollkommen weisser Farbe, aus deren Mitte die roth gefärbten Gefässe der Retina auftauchen, die grösseren Stämme nach der lateralen, die kleineren nach der medialen Seite der Netzhaut hinwendend. Die weisse Färbung wird hervorgebracht durch den tiefer liegenden optischen Querschnitt der Sehnervenfasern, welche noch Mark führen. Die blendend weisse Farbe des Markes scheint durch

---

[1]) Die äussere granulirte Schichte (Henle) ist die Zwischenkörnerschichte H. Müller's, der hierzu aber noch die zur äusseren Körnerschichte gehörige äussere Faserschichte rechnet.

[2]) Macula flava.

[3]) Papilla n. o. ist ein Name, der heute nur noch eine rein conventionelle Bedeutung hat, da längst nachgewiesen ist, dass im Lebenden keine Erhöhung des Sehnerveneintrittes über das Niveau der Retina, die diesen Namen rechtfertigen würde, besteht.

die eigentliche Papille durch, welche wegen des Abwerfens der Markscheide bereits die für die ganze Retina charakteristische gallertartig transparente Beschaffenheit angenommen hat.

Der Durchmesser des weissen Kreises wird natürlich dem Durchmesser der Oeffnung desjenigen undurchsichtigen Theiles der Augenhäute identisch sein, welcher ihn am engsten umschliesst. Undurchsichtig aber ist die Sclera und die Choroidea. Die Verjüngung des Sehnerven ist ferner am bedeutendsten beim Passiren des *Foramen opticum choroideae*, folglich wird also die Form des weissen Kreises der der Choroidealöffnung gleichkommen. Sie hat einen durchschnittlichen Durchmesser von 1,4 Mm.

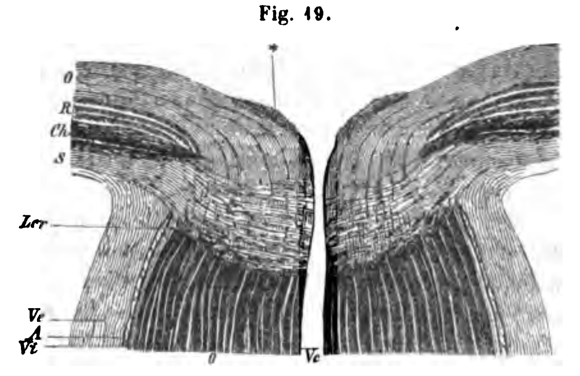
Fig. 18.

Po Ml

Aequatorialdurchschnitt des Bulbus. *Nat. Gr.* Hinteres Segment. *Po* Papille des Sehnerven. *Ml* Macula lutea.

Haben nun die marklosen Fasern des *N. opticus* diese letzte Oeffnung passirt, so haben sich die Bindegewebssepta, durch die sie vorher zusammengehalten waren, verloren, sie quellen nach allen Seiten umbiegend hervor und breiten sich über die Netzhaut in einer nach vorne sich verdünnenden Schichte aus. (Fig. 19.) Durch diese radiäre Ausstrahlung wird im Centrum der Papille eine kleine flach trichterförmige Vertiefung herbeigeführt, deren tiefster Punkt etwas nach innen von der Ebene des *Foramen opticum choroideae* liegt. An der nach der *Macula lutea* zugekehrten, lateralen Seite ist die Masse der auf die Retina übertretenden Fasern eine grössere, der Durchschnitt des Beginnes letzterer Membran desshalb etwas mächtiger als auf der andern Seite.

Fig. 19.



Längsschnitt des Eintrittes des Sehnerven in den Bulbus. *O* Substanz des Sehnerven. *Vc* Raum für die Centralgefässe. *Ve*, *Vi*, *A* wie in der vorigen Figur. *S* Sclera. *Lcr* Lamina cribrosa. *Ch* Choroidea. *R* Retina.
* Im Querschnitt getroffene umbiegende Opticusfasern.

Obgleich schon Zinn sagt, er habe die konische Papille des Sehnerven nie recht deutlich sehen können, wurde sie doch bis in die neuere Zeit festgehalten, wo geeignete Conservirungsmittel und mikroskopische Schnitte Aufklärung gaben.

Varietäten in der Form der Papille sind nicht selten. Sehr häufig findet man sie nicht ganz zirkelrund, selbst vollkommen oval. Ist dies der Fall, so pflegt sie meist längsoval zu sein; ein ausgesprochenes Queroval ist sehr selten (Mauthner). Eine stärkere Einsenkung der centralen, trichterförmigen Vertiefung und Unebenheiten in der Form derselben kommen öfters vor (H. Müller u. a.).

Hier und da erfolgt das Abwerfen der Markscheide schon vor dem Eintritt in die *Lamina cribrosa*, in anderen Fällen geschieht dies erst innerhalb des Bulbus, wodurch eine unregelmässig in die Breite gezogene Papille ent-

steht, oder es treten mitten in der Retinasubstanz wieder Fasern mit Markscheide auf, welche dann als weisse Flecken erscheinen. Beide Abnormitäten beeinträchtigen das Sehvermögen des betreffenden Auges nur in geringem Grade oder gar nicht. MAUTHNER erwähnt eines Falles, in welchem die Hauptmasse der Opticusfasern nach oben und unten, eine kleinere Menge nach rechts und links von der Papille ausgestrahlt seien.

Auch die *Vasa centralia* sind beträchtlichen Verschiedenheiten unterworfen, z. B. hohen Theilungen, Kreuzungen und anderen Verlaufsanomalien, deren genauere Beschreibung jedoch dem ophthalmoskopischen Theil vorbehalten bleiben muss.

Die *Macula lutea*, 4 Mm. vom Centrum des Sehnerveneintrittes lateralwärts gelegen, (Fig. 18 *Ml*) ist ein Flecken von citronengelber Farbe, verwaschen rings in die Umgebung auslaufend. Form und Gestalt zeigt sich verschieden: sie kann kreisrund sein, oder auch die Form einer Ellipse mit dem langen Durchmesser transversal gestellt, annehmen (H. MÜLLER). In der Mitte zeigt sie einen runden, schwarzen Punct, welcher der *Fovea centralis* entspricht, einer beträchtlich verdünnten und vertieften Stelle (vergl. Fig. 21), welche die unterliegende, hier besonders dunkel gefärbte Pigmentmembran ungehindert durchscheinen lässt. Letztere ist hier mit der Netzhaut inniger verbunden, als an anderen Stellen und bleibt nicht selten beim Ablösen auf ihr sitzen. Die *Macula lutea* ist die dickste Stelle der Netzhaut und zeigt sich gegen die Einflüsse der Verwesung ganz besonders wenig resistent. Es treten hier schon sehr bald nach dem Tode, wenn die übrige Netzhaut noch völlig intakt erscheint, Falten auf, die denn auch früher, wo man die Augen nicht frisch genug untersuchte, zu der Annahme normaler Bildungen, der sogenannten *Plicae centrales* führten. Demselben Grunde, der raschen Zerstörung dieser Theile, verdankt auch der Irrthum SÖMMERING's, der statt einer *Fovea* ein *Foramen centrale* annahm, seine Entstehung.

Die intensiv gelbe Farbe verbreitet sich über eine Stelle von 0,8 Mm. Breite (H. MÜLLER). Der Farbstoff ist ein diffuser, nicht, wie sonst im Auge aus Pigmentmolekülen bestehend. Blauäugige Menschen zeigen eine hellere Färbung des gelben Fleckes, als Leute mit dunkler Iris. Bei Kindern findet sich eine schärfere Begränzung der gefärbten Stelle, wie bei Erwachsenen.

Obgleich schon PETIT 1726, und nach ihm HEVERMANN und ZINN, sowie S. TH. SÖMMERING der Entdecker des gelben Fleckes ausdrücklich betonen, dass die Netzhaut im natürlichen Zustand vollkommen glatt sei, so haben sich doch in den Handbüchern noch bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts genaue Beschreibungen der *Plica centralis*, die von der Papille zum gelben Fleck gehen sollte, erhalten. Erst der Anwendung des Augenspiegels ist eine Aufhebung aller Zweifel über diesen Punkt zu danken.

Die *Ora serrata* [1]) ist diejenige Stelle, an welcher die nervösen Theile der Netzhaut verschwinden. Nur die bindegewebigen Radiärfasern bleiben übrig und setzen sich von den beiden *Limitantes* eingeschlossen als *Pars ciliaris retinae* nach vorne fort. Den Namen verdankt diese Stelle der Retina ihrem gezackten oder besser rundlich ausgerandeten Ansehen, indem die Netzhaut nicht an allen Stellen gleichmässig ihre Nervenelemente verliert, sondern an den Punkten, welche den Ciliarfortsätzen entsprechen, früher, als an den auf die Zwischenräume zwischen den Ciliarfortsätzen treffenden Stellen (Fig. 20 *Os*). Die nervösen Theile

[1]) Synon. Margo undulato-dentatus.

endigen sanft abgerundet und es ist der Beginn des Ciliartheiles für das blosse Auge nur durch eine unbedeutende Farbenänderung sichtbar. Fällt die Retina an der *Ora serrata* deutlich ab, so ist eine bei älteren Leuten sehr häufig vorkommende pathologische Verdickung dieser Stelle vorhanden. Nach Brücke's Angabe, welche ich bestätigen kann, liegt die *Ora serrata* an der Nasenseite des Auges weiter nach vorne, als an der Schläfenseite.

Die pathologische Verdickung der *Ora serrata*, die durch blasige Hohlräume, welche mit seröser Flüssigkeit gefüllt sind, hervorgebracht wird, kommt so häufig vor, dass sie Henle, der sie zufällig an allen von ihm untersuchten Augen fand, für normal hielt. Iwanoff's und meine Untersuchungen wiesen nach, dass eine Altersveränderung vorliegt.

Die älteren Maassangaben über die Retina sind so ungenau, dass sie füglich hier übergangen werden können. Erst H. Müller hat so genaue Messungen der Retina vorgenommen, dass sie auch heute noch als mustergiltig angesehen werden können, und es folgt desshalb hier seine Tabelle, wie er sie von der Retina an der Nasenseite des Bulbus entwirft. Der Einfachheit wegen sind die Maasse, die von ihm für jede einzelne Schichte angegeben, addirt, um die jedesmalige Dicke der ganzen Retina kennen zu lernen.

Vom Rande der Eintrittsstelle		Dicke der Retina im Mittel.
0,5 Mm.	=	0,428 Mm.
1,0 »	=	0,333 »
2,0 »	=	0,270 »
5,0 »	=	0,233 »
8,0 »	=	0,216 »
11,8 »	=	0,193 »
14,0 »	=	0,169 »
18,0 »	=	0,140 »

Helmholtz giebt an, dass die Netzhaut im Hintergrunde eine Dicke von 0,22, vorne von 0,09 Mm. habe.

Henle sagt, dass die Retina 2 Mm. vom Rande der Papille unter 0,2, im weiteren Verlauf 0,1 Mm. dick sei. Die *Fovea centralis* hat nach diesem Forscher ebenfalls eine Dicke von 0,1 Mm. Die dickste Stelle der *Macula lutea* beträgt nach Müller 0,49 Mm.

§ 18. Die Hohlkugel, welche durch die beschriebenen drei Häute dargestellt wird, muss, um das durch die Cornea in das Auge gelangende Licht stets in derselben Weise zur Perception zu bringen, einen Inhalt beherbergen, der einmal den Zweck hat, die häutige Kugel des Bulbus gleichmässig ausgespannt zu erhalten, wodurch allein die regelmässige Krümmung der Cornea und der Retina conservirt wird und zweitens den, die einfallenden Lichtstrahlen noch mehr zu concentriren, als dies schon durch die convexe Gestalt der Hornhautoberfläche geschieht. Beides wird erreicht durch den theils festen, theils gallertartigen, theils flüssigen Inhalt des Augapfels. Wie nach seiner Consistenz, so lässt sich derselbe auch nach seiner anatomischen Gestaltung in drei Abtheilungen theilen, die wir als Kammerwasser (*Humor aqueus*), Linse, (*Lens crystallina*) und Glaskörper (*Corpus vitreum*) unterscheiden. Die einzige feste un [illegible] te Masse ist die Linse. Sie hat ihren Platz in der Gegend des [illegible] ihr füllt das Kammerwasser, hinter ihr der Glaskörper allen freil [illegible]

wie ein Ausguss des Bulbus, aus. Der *Humor aqueus* ist vermöge seiner wässerigen Beschaffenheit mit den umliegenden Theilen in gleich inniger leicht aufzuhebender Berührung; Linse und Glaskörper dagegen sind durch ein Band, die *Zonula ciliaris* mit einander fest verbunden und mittelst desselben gemeinschaftlich an die *Pars ciliaris* der Retina angeheftet, so dass also im vorderen Segment des Augapfels alle seine einzelnen Theile mit einander verwachsen sind. Im hinteren Segment besteht zwischen Retina und Glaskörper ebenfalls ein Zusammenhang, welcher in ganz frischen Augen zwar nicht ohne Verletzung aufzuheben ist, jedoch schon kurze Zeit nach dem Tode bei einiger Vorsicht so gelöst werden kann, dass weder Glaskörper noch Netzhaut darunter leiden, was in der Gegend der Zonula nicht mehr gelingt.

§ 19. Die Linse, (*Lens crystallina*) [1], welche als formbedingendes Moment für den Glaskörper und als Scheidewand zwischen ihm und dem *Humor aqueus* zuerst betrachtet werden muss, liegt so, dass sie in Berührung mit der Rückfläche des Pupillarrandes der Iris steht, diese noch unbedeutend nach vorne wölbend.

Ihr grösster Umfang entspricht der höchsten Prominenz der Ciliarfortsätze. Sie stellt einen biconvexen Körper dar, dessen beide Flächen in einem abgerundeten Rand in einander übergehen. Die Flächen sind nicht genau sphärisch gekrümmt, sondern nähern sich die vordere einer Ellipse, die hintere einer Parabel (Krause, Brücke). Die vordere ist schwächer gekrümmt (8,3 Mm. Radius) [2] — als die hintere (6,0 Mm. Radius Knapp). Beide Flächen sind nur selten ganz regelmässig gestaltet, meist zeigen sich kleine Abweichungen von der normalen Krümmung, die besonders nach der Peripherie hin oft merklichere Dimensionen annehmen. Der sagittale Durchmesser der Linse beträgt 3,7 Mm., ihr Aequatorial-Durchmesser etwa 9—10 Mm.

Die Durchsichtigkeit der Linse ist eine vollständige. In der Jugend vollkommen farblos wird sie mit zunehmendem Alter gelblich, ohne jedoch an Pellucität zu verlieren. Zinn gibt an, dass die gelbliche Färbung mit dem 25—30. Jahre ihren Anfang nimmt. Ihre Consistenz ist eine ziemlich feste, und dass auch ihre Elasticität in unverletztem Zustand beträchtlich ist, lehrt ein auf sie ausgeübter Druck, der keine dauernde Formveränderung hinterlässt. Sie besteht aus sechsseitigen, platten Fasern, die meridianartig über einander gelegt sind, und aus einer structurlosen, derben Kapsel. Letztere ist es, welche durch ihre Festigkeit und Spannung die Elasticität der Linse bedingt; ist sie von derselben entfernt, so stellt sie eine leicht zerdrückbare, zähe, am Messer klebende Masse dar, welche jedoch nicht in ihrer ganzen Dicke die gleiche Consistenz zeigt. Schon beim Durchschneiden ist es oft zu bemerken, dass, während der peripherische Theil des Organs leicht dem trennenden Messer nachgibt, die centrale Parthie einen stärkeren Widerstand bietet, oder bei der Schnittführung halb getheilt am Messer hängen bleibt und so herausgerissen wird.

Auch in anderer Weise, ohne Verletzung, kann man constatiren, dass die centralen Parthieen, der Kern der Linse (*Nucleus lentis*) den peripherischen Thei-

---

[1] Synon. Krystall, Krystalllinse, Krystallkörper, Humor crystallinus.

[2] Die Zahlenwerthe beziehen sich auf die Einstellung für die Ferne und sind nur für den mittleren Theil der Linse gültig, da ja, wie erwähnt, die Form der Oberflächen keine durchaus sphärische ist.

len, der Rinde (*Substant. corticalis*) nicht vollkommen gleichen. Nach dem Tode pflegt sich der Kern zuerst zu trüben, er ist schon milchweiss und völlig undurchsichtig, wenn die Rinde noch völlig intakt erscheint. Legt man eine Linse in Alkohol, so zeigt sich umgekehrt die Rinde opak und weiss, während der Kern gelb und hornartig durchscheinend bleibt. Henle glaubt in letzterem Verhalten die Andeutung einer geringen chemischen Verschiedenheit sehen zu dürfen. Die grössere Festigkeit des Kernes erklärt dieser Forscher, wie auch Robinski für eine Folge des geringeren Feuchtigkeitsgehaltes desselben. Für eine geringere Durchtränkung des Kernes mit der von der Peripherie her eindringenden Ernährungsflüssigkeit spricht auch der Umstand, dass derselbe nicht in allen Theilen gleich fest ist, sondern bis in sein Centrum stetig an Härte zunimmt. Auch die ganz verschiedene Grösse der Linsenkerne, die oft in beiden Augen desselben Individuums wechselt (Krause), deutet auf eine mehr zufällige Ursache der grösseren Festigkeit der centralen Linsenparthie.

An bestimmten Stellen der Linse neigen sich die Fasern, aus denen sie zusammengesetzt ist, einander zu und ihre Enden sind hier nahtartig verbunden. Wird nun die Kittsubstanz gelöst, so klaffen die Nähte und es entstehen Spalten, die bei fortdauernder Maceration immer tiefer in die Linsensubstanz eindringen. Die Spalten sind, den Nähten folgend, meist regelmässig gestellt. Im ersten Entstehen drei an der Zahl, auf der Vorderfläche, die eine von der Axe aus gerade nach oben, die beiden andern lateral und medial nach unten ziehend, wie ein umgekehrtes Y gestaltet (Werneck), vermehren sie sich nach einiger Zeit häufig um einige Strahlen, oder senden kleinere, secundäre Spalten nach der Peripherie hin aus. Meist decken sich die Strahlenfiguren der vorderen und hinteren Fläche nicht vollständig, am häufigsten treten sie sogar so alternirend auf, dass eine Spalte der einen Fläche gerade in die Mitte zwischen zwei der anderen Fläche trifft. Eine Menge kleiner Variationen im Auftreten der Strahlenfigur sind zu beobachten, die genauer zu beschreiben der Mühe nicht lohnt, da sie für die Funktion der Linse gänzlich bedeutungslos sind. Im Kern zeigen sich fast immer nur die drei, wenn man so sagen darf, primären Spalten, meist regelmässig stehend, also gleich grosse Segmente von Linsensubstanz trennend. Ferner sah ich auch, dass der Kern, selbst bei längerer Maceration, nicht in Segmente zerfiel, sondern ohne Spaltung sich in unregelmässige Schüppchen auflöste.

Im normalen Leben wird diese Strahlenfigur nicht beobachtet, doch scheinen auch an Augen, die nie krank waren, vielleicht durch leichte Trübung der in den Nähten liegenden Kittsubstanz, gewisse entoptische Figuren derselben ihr Entstehen zu verdanken (vergl. Listing physiol. Optik).

Dadurch, dass die Linsenfasern gezähnte, seitliche Ränder haben, mit denen sie über einander greifen, werden die seitlich in einer Ebene zusammenstossenden Fasern inniger verbunden, als die auf einander d. h. in der Richtung von der Peripherie nach dem Centrum liegenden. Daher kommt es, dass durch Maceration oder andere, ähnlich wirkende Eingriffe, Blätter entstehen, die um ein vielbenutztes, aber sehr treffendes Bild zu wiederholen, wie die Blätter einer sich eben öffnenden Blüthenknospe über einander liegen. Die Dicke dieser Lamellen ist verschieden und gänzlich vom Zufall abhängig. Der harte Kern nimmt meist an dieser Blätterspaltung nicht Theil.

Die Kapsel, welche die Linse fest umschliesst, ist eine ächte structurlose

Membran. Sie ist sehr vollkommen durchsichtig und äusserst widerstandsfähig. Chemische Einwirkungen der verschiedensten Art, wie Kochen, Behandlung mit starken und schwachen Säuren, Alkohol u. s. w. alteriren ihre Eigenschaften in keiner Weise. Sie ist sehr zähe, so dass selbst ein spitzes Messer immer einer herzhaften Führung bedarf, um sie zu durchbohren. Wie alle derartigen spröden Membranen legt sie sich isolirt in eckige Falten und rollt sich nach Aussen um. Ihre vordere Hälfte, die vom Kammerwasser bespült ist, und auf welche sich der Rand der Iris stützt, ist dicker und kräftiger als die hintere, mit dem Glaskörper in Berührung stehende. Letzterer liegt der Glaskörper so innig an, dass an ganz frischen Augen eine Trennung an dieser Stelle nicht möglich ist, sondern erst eine Maceration nöthig wird, um Glaskörper und Linse von einander zu lösen.

Die Linse ist nicht in allen Lebensaltern gleich geformt, sondern in der Jugend gewölbter als im Alter. Schon ZINN macht die Angabe, dass die Linsenflächen um so gewölbter sind je jünger der Mensch ist. SAPPEY präcisirt diesen Ausspruch dahin, dass er sagt, die Linse erreicht schon im Fötalleben die definitive Länge ihrer Axe, sie wächst dann nur noch an der Peripherie. Auch JÄGER kam durch seine Messungen zu der gleichen Ansicht.

Im höheren Alter flacht sich die Linse ab (HENLE).

In ihrer Lage gegen den Glaskörper und das *Corpus ciliare* wird die Linse festgehalten durch ein faseriges Band, die *Zonula ciliaris*. Dieselbe nimmt ihren Ursprung von der *Limitans externa* der *Pars ciliaris retinae* von den Ciliarfortsätzen an, bis zur *Ora serrata* zurück, zum kleineren Theil auch, wie es scheint im Glaskörper. Ihre Fasern ziehen in den Räumen zwischen den Ciliarfortsätzen nach vorne und sammeln sich auf den Spitzen der letzteren zu einem auch makroskopisch sichtbaren, hellen Bändchen, welches nun die Richtung nach der Linse zu nimmt. Auf dem Weg dahin breiten sich die Fasern der Zonula fächerförmig aus und inseriren sich an der Linse angekommen, in deren vorderer und hinterer Kapsel, auch den Rand mit Anheftungen versorgend (Fig. 17 *Z*).

Die Feinheit der Fasern ist eine bedeutende. Nach vorne aber vereinigen sich deren mehrere wieder zu Bündeln, die ihrerseits durch eine structurlose Masse verbunden, einen Abschluss gegen die hintere Augenkammer bilden.

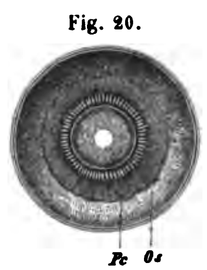
v. BECKER gibt im Gegensatz zu den meisten Beobachtern an, dass ein Variiren der drei primär auftretenden Sternstrahlen der Linse nicht zu beobachten sei. Doch kann diese Ansicht nicht bestätigt werden, indem oft zu sehen ist, dass auf der hinteren Linsenfläche sogleich ein vierstrahliger Linsenstern entsteht, wie er auch von WERNECK bereits sehr gut abgebildet ist.

In Bezug auf die topographische Lage der Linse und auf ihre Bewegungsfähigkeit gibt schon die Lectüre der vorstehenden Capitel ein Urtheil. Nur das Verhältniss derselben zu dem Ciliarkörper bedarf einer kurzen Beleuchtung. Man war früher nicht einig, ob man glauben sollte, dass die Ciliarfortsätze die Linse berühren, oder ob man einen Zwischenraum zwischen beiden annehmen müsste. Diese Zweifel kann man durch die neueren Forschungen wohl als beseitigt ansehen. Es muss als sicher gelten, dass die Ciliarfortsätze niemals den Linsenrand berühren, sondern dass stets ein Raum bleibt, welcher nur durch die vom Ciliarkörper zur Linse herübergespannte Zonula ausgefüllt wird.

Durch die Untersuchungen F. E. SCHULTZE's über Verlauf und Wirkung der Muskulatur

des Ciliarkörpers ist bewiesen, dass ein directer Einfluss der Ciliarmuskulatur auf die Linse nicht statt hat, dass dieselbe vielmehr nur durch Vermittelung der angespannten und entspannten Zonula wirkt. Es ist dadurch der physiologische Beweis geführt, dass ein Aufliegen der Ciliarfortsätze auf der Linse für keine Einstellung nöthig ist. Dass aber eine so innige Annäherung überhaupt in keiner Accomodationsstellung auch nur möglich ist, dies geht aus der anatomischen Betrachtung der Zonula (vergl. Fig. 15, 17) ohne weitere Beweise zu bedürfen, hervor. Auch die Betrachtung des Ciliarkörpers an sich hat allen Untersuchern der neueren Zeit am Lebenden sowohl (BECKER) wie auch an Leichenaugen (ARLT, JÄGER, HENLE etc.) die Ueberzeugung gegeben, dass ein Zwischenraum zwischen ihm und der Linse existirt. Ein Blick auf den von meinem Zeichner vorzüglich wiedergegebenen Durchschnitt eines Auges (Fig. 20.), welches, wie alle benutzten Bulbi nicht länger als eine Stunde nach dem Tode herausgenommen war, beweist, wie vollständig meine Untersuchungen mit denen der genannten Forscher übereinstimmen. Ganz unerklärlich ist es mir deshalb auch geblieben, wie HELMHOLTZ und im Anschluss an ihn HENKE Linsen gefunden haben, deren Rand von den Ciliarfortsätzen noch überragt war. Lässt man auch gerne gelten, dass im Leben die Blutfülle der *Processus ciliares* ein grösseres Volumen derselben bedingt, so ist doch auch manchmal im Tode das ganze Blutgefässsystem des Auges strotzend gefüllt, wie man meist an den Augen Erhängter, aber auch an manchen anderen Augen, wo man es nicht vermuthet hatte, sehen kann. Niemals aber konnte ich selbst in solchen Fällen Verhältnisse wahrnehmen, die auch nur annähernd den von HELMHOLTZ behaupteten analog gewesen wären.

Fig. 20.



Aequatorialschnitt des Bulbus. Nat. Gr. Vorderes Segment. *Pc* Processus ciliares. *Os* Ora serrata.

§ 20. Der Glaskörper, (*Corpus vitreum*) füllt, wie erwähnt, den ganzen Raum aus, der zwischen der Hohlkugel, welche die Retina bildet und der Linse bleibt.

Seine Gestalt lässt sich, wenn auch nicht ganz zutreffend, doch am verständlichsten mit einer vorn eingedrückten Kugel vergleichen. Diese vordere Vertiefung, welche die hintere Linsenfläche aufnimmt, führt den Namen *Fossa patellaris*.

In ganz frischem Zustand ist die Consistenz des Glaskörpers eine rein gallertartige und es fliesst beim Durchschneiden desselben nur wenig tropfbare Flüssigkeit ab. Erst durch Leichenveränderung, die freilich sehr früh eintritt, verflüssigt sich seine Substanz mehr und mehr, bis zuletzt nur noch unbedeutende Reste festerer membranöser Masse zurückbleiben.

Die absolute Durchsichtigkeit des Organes hat es verschuldet, dass bis heute die Ansichten über den inneren Bau, oder besser gesagt darüber, ob überhaupt ein innerer Bau vorhanden sei, noch sehr getheilt sind. Versuche aller Art wurden auf alle mögliche Weise angestellt und doch waren die Resultate nicht sicher.

Meine eigenen, oft wiederholten Untersuchungen haben mir das Resultat gegeben, dass den Glaskörper von hinten nach vorn ein in injicirtem Zustand etwa 1 Mm. weiter Canal durchzieht, der von der Papille des Sehnerven ausgehend, an der hinteren Linsenwand endigt. Er stellt den Canal der fötalen *Arteria hyaloidea* dar und führt den Namen *Canalis hyaloideus* [1]. Der Canal ist meist eine einfache Röhre, ohne hinten eine grössere Erweiterung zu zeigen, wie sie von MARTEGIANI und nach ihm von vielen Forschern behauptet wurde [2]. Nur an iso-

---

[1]) Canalis Cloquetii.

[2]) Area Martegiani. Vor kurzem hatte ich Gelegenheit entwickelungsgeschichtliche Prä-

lirten Glaskörpern, an denen durch Auseinanderfliessen der weichen Masse der Eingang des *Canalis hyaloideus* vertieft erscheint, findet sie sich in der von ihnen beschriebenen Weise. Vorne endigt der Canal blind, erreicht in vielen Fällen den hinteren Rand der Linse gar nicht, sondern gelangt nur bis in ihre Nähe. Ist er aber wirklich bis zur Linse vorgedrungen, so bildet er auch hier keine Verbreiterung, wie es STILLING angibt, sondern endet ganz einfach abgeschnitten. Auch ohne Injection ist dies schon durch das bereits von mehreren Seiten beobachtete feste Adhäriren des Glaskörpers an der ganzen Ausdehnung der hinteren Linsenfläche bewiesen. Würde ein verbreiteter Canal vorhanden sein, so müsste ja die Linse stets reinlich aus der *Fossa patellaris* auszuheben sein, da in einem solchen Fall eine Verwachsung beider Organe an dieser Stelle ausgeschlossen wäre. Ein Endothel besitzt der *Canalis hyaloideus* nicht.

Sonstige Andeutungen einer Structur des Glaskörpers sind in keiner Weise zu finden.

Eine eigene Umhüllungsmembran des Glaskörpers, wie sie von den meisten Forschern als *Membrana hyaloidea* beschrieben wird, existirt nicht, sondern derselbe ist mit der Umgebung durchweg fest verbunden; so hängt er wie eben schon erwähnt, untrennbar mit der hinteren Linsenfläche zusammen, sein Zusammenhang mit der *Limitans interna* der Retina kann in vollkommen frischem Zustand beim Menschen niemals gelöst werden, und zwischen die Elemente der Zonula erstreckt er sich so weit hinein, dass ein Theil ihrer Fasern von Glaskörpersubstanz vollkommen umschlossen erscheint. Ein *Canalis Petiti*, eine auf dem Durchschnitt dreieckige Spalte, der seine Lage zwischen Glaskörper, Zonula, Ciliarfortsätzen und Linsenrand haben soll, existirt nicht. Als solcher wurde der Raum angesehen, der in frischem Zustand mit feinen Zonulafasern ausgefüllt ist, die aber schon ganz kurze Zeit nach dem Tode verschwinden. Es bleibt dann nur die vorderste derbere Parthie der Zonula, welche durch Einlagerung structurloser Masse membranartig ist, übrig, und stellt so die Zonula dar, wie sie früher beschrieben wurde.

Es mag hier der sehr seltenen Varietät Erwähnung geschehen, bei welcher der *Canalis hyaloideus* das ganze Leben hindurch eine mit Blut gefüllte *Arteria hyaloidea* beherbergt, welche ophthalmoscopisch nachzuweisen ist.

In Bezug auf den Bau des Glaskörpers machten sich, wenn man von denjenigen Forschern absieht, die einen solchen überhaupt in Abrede stellen, zwei Ansichten geltend. Die eine geht dahin, dass sich der Glaskörper aus radiär getheilten Segmenten nach Art einer Apfelsine zusammensetze. (HANNOVER, BRÜCKE spätere Ansicht) während ihn die andere aus concentrischen Schalen bestehen liess (ZINN, BRÜCKE frühere Ansicht). In neuerer Zeit hat nun STILLING die letztere Ansicht in etwas modificirter Weise aufs Neue bestätigt und den bis dahin stets angezweifelten *Canalis hyaloideus* sicher gestellt. Seine Ansicht, welcher sich in etwas modificirter Weise auch IWANOFF anschliesst, ist folgende: Es theilt sich der Glaskörper in eine Rinden- und eine Kernschichte. Die Rinde, die ihrerseits wieder aus schalenförmig übereinander gelagerten Schichten besteht, endet, sich zuschärfend an der *Ora serrata*. Der Kern, der wie in einem Näpfchen, in der Rinde steckt, überragt dieselbe und reicht vorne bis zur Linse. Eine festere Verbindung ist an der Grenze von Rinde und Kern nur an der Durchtrittszelle des *Canalis hyaloideus* vorhanden, dessen Wand den Zusammenhang ver-

---

parate von Prof. LIEBERKÜHN zu sehen, an welchen ebenfalls eine solche Area vollkommen fehlte.

nittelt. Die Darstellung dieser Verhältnisse soll dadurch gelingen, dass man einen vorsichtig uspräparirten Glaskörper mit einem eigens zu diesem Zweck construirten Messer rasch durchschneidet und die Schnittfläche mit Carmin oder Berlinerblau färbt, wodurch die Grenzen zwischen den einzelnen Schalen deutlich werden. — Eine genaue Wiederholung der Stilling-schen Experimente, wobei auch das von dem genannten Forscher angegebene Guillotinenmesser, für dessen Ueberlassung ich Herrn Professor v. Zehender zu Dank verpflichtet bin, zur Anwendung kam, hat nun gelehrt, dass den Beobachtungen Stilling's eine Täuschung zu Grunde liegt, welcher man bei Betrachtung des Glaskörpers nur allzu leicht zum Opfer fällt. Bringt man nämlich irgend eine differente Flüssigkeit auf eine beliebige Stelle des Glaskörpers, sei es die natürliche oder eine künstlich hergestellte Oberfläche, so bildet sich durch rasche Gerinnung eine dünne Pseudomembran, welche die verschiedensten Dinge vorspiegelt. Diese Membran legt sich nun auf dem in angegebener Weise gefertigten Querschnitt stellenweise in concentrische Falten, um so gleichmässiger und regelmässiger, je behutsamer man bei der Präparation verfährt. Nur die Falten erscheinen dann intensiver roth resp. blau, während die platten, oder gewulsteten Zwischenstellen so unbedeutend gefärbt sind, dass sehr oft der ganz zarte Ton dem Beobachter völlig entgeht. Sucht man nun die Falten mit einem Pinsel oder einem leicht geführten Scalpellstiel zu glätten, so gelingt dies ausnahmslos und die concentrische Streifung verschwindet. Stärkere Insulte rufen sodann breite unregelmässige über die Oberfläche verlaufende Bänder hervor, die sich durch Schütteln des Gefässes oder ein anderweitig bewirktes Zurechtrücken des Glaskörpers wieder in die ursprüngliche concentrische Form umwandeln. Diese Falten entstehen nur, wenn man den Glaskörper so weit nach hinten durchschneidet, dass er seine runde Form verliert und auf der ebenen Unterlage auseinanderfliessend eine mehr kuchenförmige Gestalt annimmt, wodurch sich die Mitte hügelartig wölbt, während nach den Abhängen die erwähnten Pseudomembran-Falten entstehen. Jüngere Glaskörper, die fester gefügt sind, bilden auf der Schnittfläche keine Falten, zeigen deshalb auch nicht die concentrische Streifung. Ein Controllbeweis ist leicht dadurch zu führen, dass man den Glaskörper auf seiner Unterlage umwendet und so die gefärbte Seite auf der planen Unterlage glättet; sofort verschwindet jede Streifung und es kommt eine gleichmässig und zart gefärbte Fläche zur Ansicht. Ein weiterer ebenfalls zur Controle angestellter Versuch bestätigte vollkommen die gewonnenen Resultate und es scheint mir dieser Versuch besonders grosse Beweiskraft zu besitzen. Es wurde nämlich eine scharfe Stichcanüle durch den grössten Theil des hinteren Glaskörpersegments quer durchgestossen und während der Injection mittelst Berlinerblau langsam zurückgezogen. Wären nun durchgehende Schalen ohne feste Verbindung vorhanden, so müsste beim Zurückziehen der Spritze die injicirte Flüssigkeit jedesmal, wenn sie an eine solche Gränze zwischen zwei Lamellen kommt, sich flächenhaft ausbreitend, in die Höhe steigen. Dies war jedoch niemals der Fall, sondern stets füllte sich nur der Stichcanal und bei höherem Druck entstanden ballen- oder maulbeerförmige Extravasate. Es ist somit durch die vorstehend referirten Versuche nachgewiesen, dass der Glaskörper ebensowenig eine Structur besitzt, wie andere Gallertgewebe, z. B. die gallertartigen Theile des Nabelstranges. Zur vollkommenen Sicherstellung wurde noch schliesslich die von F. E. Schulze (Cordylophora-Arbeit) für Thiere von gallertartiger Beschaffenheit (Quallen) empfohlene Methode der Behandlung mit Osmiumsäure und Pikrocarmin, die, wie ich aus eigener Anschauung weiss, vorzügliches leistet, behufs mikroskopischer Durchforschung benützt. Auch hierbei waren die Resultate die gleich negativen.

Die Darstellung der Zonula wie sie oben gegeben wurde, weicht von den Ansichten der neuesten Untersucher, Schwalbe und Iwanoff insofern bedeutend ab, als sie einen *Canalis Petiti* leugnet. Eine wiederholte Revision des Gegenstandes ergab mir keine anderen Resultate, als sie schon in meiner Schrift über die »*Zonula ciliaris*« niedergelegt sind. Gegen Iwanoff muss noch bemerkt werden, dass dieser Forscher meine Angaben nicht mit der nöthigen Aufmerksamkeit geprüft zu haben scheint, sonst hätte ihm nicht entgehen können, dass meine Ansichten über die Stelle, an welcher der angebliche *Canalis Petiti* gesucht werden muss, mit denen sämmtlicher anderer Untersucher übereinstimmen. Dass auch Iwanoff's Darstellung einen

solchen Canal nicht beweisen, geht aus meinen Angaben und Abbildungen hervor, aus dem erhellt, dass die Gaskörpersubstanz, soweit Platz ist, noch zwischen die Zonulaelemente eindringt.

§ 21. Der *Humor aqueus* ist eine vollkommen wasserhelle Flüssigkeit, ohne weitere Einlagerung. Die Zusammensetzung ist dem Blutserum ähnlich, doch ohne dessen Eiweiss, welches nur in ganz geringen Spuren vorhanden ist. Er füllt die wässerige Feuchtigkeit den Raum aus, der zwischen Cornea einerseits und Ciliarkörper, Zonula und Linse andererseits bleibt. Durch die vorspringende Iris wird dieser Raum in zwei Abtheilungen getheilt, eine vordere grössere und eine hintere kleinere Augenkammer, zwischen welchen eine Communication vermittelst der Pupille möglich ist. Die Menge des *Humor aqueus* ist so bedeutend, dass sie die Augenkammer prall ausfüllt und beim Einschneiden derselben durch den intraoculären Druck strahlartig hervorgeschleudert wird.

Die Controverse, ob eine hintere Augenkammer existirt oder nicht, kann durch die Untersuchungen der letzten Decennien als beseitigt angesehen werden. Ein nicht beachteter als schwer wiegender Beweis für die Existenz einer solchen liegt in der Beobachtung, die man bekanntlich an jedem lebenden Auge machen kann, dass bei raschen Bewegungen des Bulbus die Iris leicht erzittert. Würde nun die Iris auf einer Unterlage durch den prall gespannten *Humor aqueus* aufgedrückt, so würde eine solche Erscheinung nie zu Stande kommen können, die sich nur durch die Annahme erklären lässt, dass die Iris in einer sie von allen Seiten umspülenden Flüssigkeit suspendirt ist. Auch eine Reihe von Beobachtungen an todten Augen kann die Existenz einer hinteren Augenkammer nur bestätigen. So stellt Arlt als Hauptergebniss seiner Untersuchungen an Augendurchschnitten dar, dass eine hintere Kammer vorhanden ist, ein Resultat, dem sich meine Beobachtungen vollständig anschliessen. Noch unumstösslicher, als einfache Durchschnitte bewahrheiten aber Präparationen gefrorener Bulbi das Vorhandensein der hinteren Kammer, da man hier das Eis, welches der in derselben enthaltene *Humor aqueus* gebildet hat, wie bekannt, als compaktes Scherbchen herauslösen kann.

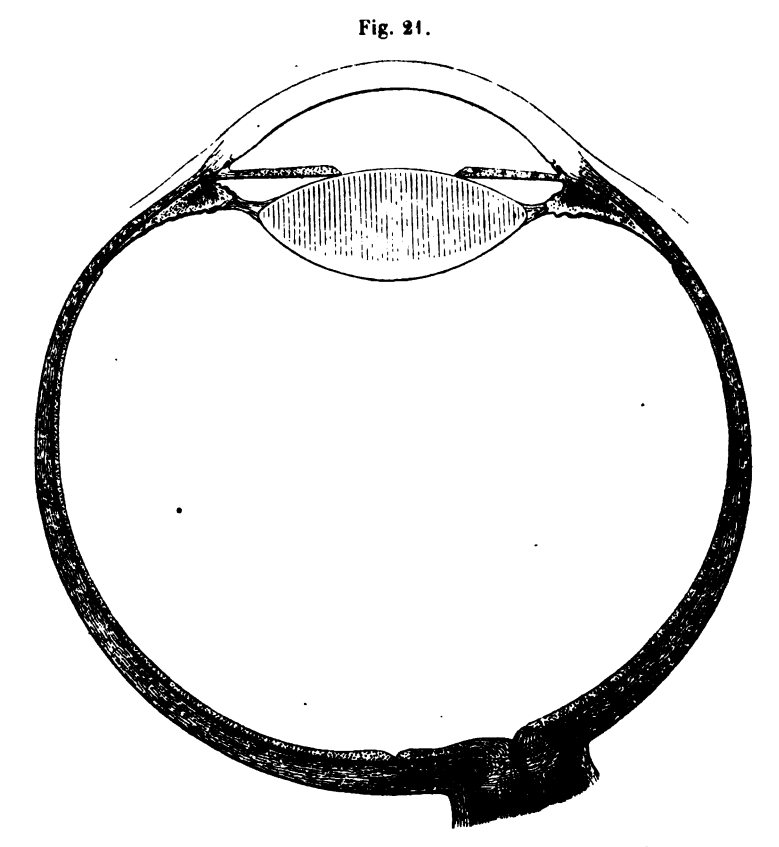
§ 22. Mit Recht sagt Helmholtz (Physiol. Optik p. 6.) »Die individuellen Verschiedenheiten [des Auges] sind so gross, dass man Mittelwerthe aus Beobachtungen verschiedener Augen nur mit grosser Vorsicht anwenden darf.« In einem Handbuch aber, wie es das vorliegende ist, welches ohne möglichst genaue Maassangaben unvollständig sein würde, müssen doch Zahlen aufgenommen werden, welche als annähernd schematische Normalwerthe gelten können. Man hat schon seit Vesal das Bedürfniss gefühlt, derartige Anhaltspuncte zu haben und nach dessen Vorgang möglichst genaue Abbildungen von Augendurchschnitten gefertigt, welche graphisch eine Geschichte der Fortschritte auf dem Gebiet der topographischen Anatomie der Theile des Bulbus darstellen.

Auch in Fig. 21. ist eine solche Construction versucht, die gegen Abbildungen der früheren Jahrzehnte insofern eine weit grössere Garantie für ihre Richtigkeit bietet, als die vortrefflichen Untersuchungen von Kohlrausch, Senff, Helmholtz, Knapp, Donders u. a. am Lebenden auf eine fast absolute Genauigkeit Anspruch machen können, besonders was die letzten Untersucher betrifft, die den Vortheil hatten, genauere Methoden anwenden zu können.

Die Zeichnung ist unter Benützung der Abbildungen von Augendurchschnitten folgender Autoren entworfen worden: Zinn, S. Th. Sömmering, D. W. Sömmering, C. Krause, Brücke, Listing, Ecker, Helmholtz, Arlt, Rüte, Jäger, Henle, Braune.

Um eine Uebersicht über die von den eben angeführten und den übrigen Autoren ausgeführten, hierhergehörigen Messungen zu erleichtern, wird unten eine möglichst vollständige tabellarische Liste von Mittelwerthen beigefügt[1]), deren letzte Rubrik die für die Zeichnung (Fig. 21) benützten Zahlen enthält.

Fig. 21.



Schematischer Horizontalschnitt des Auges.

Die Retinamaasse sind in der folgenden Tabelle nicht aufgeführt, da die älteren Messungen gänzlich unbrauchbar sind. Die neueren Angaben über diese Haut finden sich im § 17 bereits verzeichnet.

Die von den Autoren benützten zum Theil sehr verschiedenen Maasse wurden in umstehender Tabelle auf Millimeter reducirt. Wenn keine Mittelwerthe angegeben waren, wurden sie aus den betreffenden Einzelangaben berechnet. Maasse, welche nicht direkten Bezug auf die schematische Figur 21 hatten, wurden nicht aufgenommen, wie z. B. der Umfang des Bulbus u. dergl. Die mit * bezeichneten Zahlen sind von den Autoren nicht mit aufgeführt, sondern durch Nachmessen der Abbildungen gewonnen.

---

1) Noch genauere und ausführlichere Tabellen gibt ZEHENDER (Dioptrik), wo auch Literaturnachweise zu den älteren Zusammenstellungen zu finden sind.

Gegenstand.	Petit.	Jurin.	Helsham.	Young.	D. W. Sömmering.	Brewster.	Tiedemann.	Treviranus.	Kohlrausch.
Aeussere Augenaxe	24,7	27,0	—	—	22,5	—	23,6	23,4	—
Transversaler Querdurchmesser	24,1	—	—	23,1	21,3	—	22,2	24,7	—
VerticalerQuerdurchmesser		—	—			—			—
Dicke der Sclera, hinten	—	0,51	—	—	—	—	—	1,3	—
Dicke der Sclera vorne am Ciliarkörper	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—
Hornhaut, Dicke des Scheitels	0,4	—	—	—	—	0,7	—	0,9	—
Hornhaut, Dicke an der Peripherie	0,6	—	—	—	—	—	—	2,0	—
Hornhaut, Radius der Vorderfläche	8,1	—	—	8,9	7,4	—	6,7	7,7	7,8
Hornhaut, Radius der Rückfläche	—	—	—	—	—	—	—	7,1	—
Hornhaut, Durchmesser an der Basis	—	—	—	v. 12,6	t. 4,5	—	—	t. 10,0 v. 10,6	—
Choroidea, Dicke hinten neben dem N. optic.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Choroidea, vorne, hinter dem Ciliarkörper	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Muscul. ciliar., grösste Dicke	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Muscul. ciliar., grösste Länge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Iris, grösste Dicke	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pupille, Durchmesser	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Papilla n. opt. Durchmesser	—	—	—	—	2,2	—	—	1,7	—
Entfernung des Opticuseintrittes von der Augenaxe	—	—	—	—	—	—	—	2,9	—
Linse, Axe	4,7	—	—	—	3,6	4,9	4,7	4,5	—
Linse, Aequatorialdurchmesser	9,0	—	—	—	8,1	10,8	9,0	8,7	—
Linse, Radius der Vorderfläche	8,4	—	6,6	—	11,2	—	6,2	6,1	—
Linse, Radius der Rückfläche	5,6	—	5,0	—	5,1	—	5,1	4,7	—
Glaskörper, Axe	—	—	—	—	14,1	—	—	13,5	—
Hornhautscheitel bis Vorderfläche der Linse	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VordereAugenkammer, Axe	—	—	—	—	2,9	—	—	—	—

	Listing.	Helmholtz.	Sappey.	Schneyder.	Arlt.	Rüte.	Knapp.	Jäger.	Donders.	Schelske.	Volkmann.	Henle.	Schematisch. Auge.
	24,2	—	24,3	—	24,0	24,5	—	24,3	—	—	24,7	24,0	24,3
ı	—	—	23,6	—	—	—	—	23,6	—	—	24,2	23,5	23,6
ı	—	—	23,2	—	—	—	—	23,4	—	—	—	23,1	—
ı*	—	—	—	—	—	—	—	0,9	—	—	—	1,0	1,0
ı*	—	—	—	—	0,8	1,0*	—	0,7	—	—	—	0,3	0,4
7*	—	—	—	—	0,8	0,5*	—	0,9	—	—	—	1,0	0,9
1	—	—	—	—	—	1,0*	—	1,2	—	—	—	—	1,1
6*	—	7,7	—	—	7,4*	7,1*	7,6	7,5	t. 7,7	7,4	—	7,7	7,7
5*	—	—	—	—	—	—	—	6,6	—	—	—	—	6,6
6*	11,6*	—	—	—	11,0	—	12,0	12,0	—	—	11,0	11,0	11,6
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,07	0,09
-	—	—	—	—	—	—	—	--	—	—	—	—	0,06
-	—	1,0	—	—	--	—	—	0,9	—	—	—	1,0	1,0
-	—	—	—	—	—	—	—	3,5	—	—	—	—	3,5
-	—	—	—	—									
-	4,0	—	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	0,4	0,4
,8*	—	—	—	—	—	—	—	4,0	—	—	—	4,5	4,0
					—	—	—	—	—	—	—	1,4	1,4
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,9
—	4,0	—	4,7	3,6	3,9	3,6*	3,7	3,7	—	—	—	4,0	3,7
,4*	9,6	—	—	—	8,7	—	—	10,3	—	—	—	9,5	9,0
,5*	11,8*	—	—	—	9,7*	—	8,2	8,2	—	—	—	—	8,2
,7*	6,0*	—	—	—	5,3*	—	6,0	6,0	—	—	—	—	6,0
,1*	14,6	—	14,4	—	15,1	14,2*	—	—	—	—	—	14,5	15,4
,8*	4,0	3,7	—	3,7	3,5*	4,1*	3,5	3,5	—	—	—	—	3,6
,4*	—	—	2,3	—	2,6	—	—	—	—	—	—	2,5	2,6

Die Angaben des vorderen Radius der Hornhaut betreffen nur den Scheitel, da w der elliptischen Krümmung derselben ein vollständiger Radius nicht angelegt werden . — Das Linsensystem wurde, wenn es in den Angaben der Autoren bemerkt war, nur fü Fernpunkt aufgeführt. Auch in Fig. 21 ist für die Darstellung der Linse der Fernpunk wählt. — Die älteren Maassangaben sind zum Theil dem Handbuch von Weber-Hildeb entlehnt, die neueren sind durchweg nach dem Original gegeben.

Die zahlreichen Messungen von Nunneley (*Organ of the vision*) mussten als nicht ge für Aufnahme in eine Tabelle unberücksichtigt bleiben.

Die Brechungsindices der lichtbrechenden Medien des Auges waren jeher der Gegenstand eifriger Forschung und es existiren schon von früher gute Angaben über dieselben. Hawksbee, Monro, Young, Chossat, Porterfi Brewster u. a. haben in früherer Zeit Messungen gemacht, die durch die n ren von Helmholtz und Krause nur wenig verändert wurden. Da sich die Messungen zum Theil auf sehr verschiedene Thiere beziehen, so können sie übergangen werden und es genügt, darauf hinzuweisen, dass bei Treviranus und bei Zehender, Dioptrik, eine Zusammenstellung derselben zu finden ist.

Es folgen hier nur die Angaben von Helmholtz und W. Krause.

	Helmholtz.	W. Krause.
Hornhaut	.....	1,3525
Humor aqueus	1,3365	1,3435
Corticalschicht der Linse	1,4189	1,4071
Aeussere Kernschicht der Linse	.....	1,4319
Linsenkern	.....	1,4564
Glaskörper	1,3382	1,3506

Cyon fand bei einer Anzahl von Rinder- und Kaninchen-Augen die Brechungsindices

im Mittel:	Rind	*Humor aqueus*:	1,33834
		Humor vitreus:	1,33844
	Kaninchen	*Humor aqueus*:	1,33791
		Humor vitreus:	1,33747

Die Geschlechtsunterschiede des Bulbus sind im Ganzen gering, doch das Auge der Frau im Allgemeinen kleiner als das männliche. — (Zinn u. a.

Das kindliche Auge ist verhältnissmässig sehr gross, es hat einen nur weni Mm. geringeren Durchmesser, als das der Erwachsenen, auch sind die verschie denen Durchmesser einander ähnlicher; der jugendliche Bulbus nähert sich a mehr der Kugelform (Jäger, Sappey).

Dass die inneren Verhältnisse des kindlichen Auges ganz andere sind, wi beim Erwachsenen, dies geht schon aus der oben erwähnten Thatsache hervor dass die Axe der Linse beim Neugeborenen schon eben so lang ist, wie beim Er wachsenen. Das Volumen des Auges ändert sich bis zum 14—15. Jahre nur wenig, dann bekommt es rasch seine definitive Grösse. (Sappey.)

Es folgen hier noch die in der Literatur verzeichneten Maassangaben über kindliche Augen:

PETIT.

Dicke der Cornea beim Fötus 2,98 Mm.

Linse.	Vordere Krümmungs-durchmesser.	Hintere Krümmungs-durchmesser.	Axe.
7 monatlicher Fötus	6,7 Mm.	5,6	3,5
9 » »	6,7 »	5,6	4,5
8 Tage	9,0 »	6,7	4,5
9 Tage	11,2 »	7,8	5,1
12 Jahre	16,8 »	11,2	4,5
15 Jahre	13,5 »	10,3	4,5
15 Jahre	12,3 »	10,0	5,6
20 Jahre	13,5 »	10,3	5,6

HOME. Sämmtliche Durchmesser beim 6jährigen Knaben = 21,14.

JÄGER. Beim Neugeborenen:

Augenaxe 17,53 Mm.
Axe der Linse 4,51 » (durch Inbibition vielleicht verdickt).
Horizontaler Querdurchmesser der Linse: 6,35.

Was zuletzt das Gewicht des Bulbus anlangt, so wird es von den verschiedenen Beobachtern ziemlich gleichmässig angegeben. C. KRAUSE findet ihn 6,2 — 7,6 Grmm. (104 — 128 Gran) schwer. HUSCHKE gibt die Zahlen 6,6 — 8,2 Grmm., HENLE 6,3 — 8 Grmm., SAPPEY 7 — 8 Grmm. an.

Man wird also dem Mittelwerth ziemlich nahe kommen, wenn man dafür die Zahl 7,0 Gramm annimmt.

SAPPEY erwähnt noch, dass beide Augen eines und desselben Individuums um mehrere Gran differiren können. Es möchte jedoch hierbei vielleicht die mehr oder minder reinliche Präparation ausschlaggebend sein.

Das specifische Gewicht des Bulbus findet HUSCHKE zwischen 1,0220 und 1,0302.

Das Volumen gibt KRAUSE zu $\frac{1}{3}''$ Kub. an.

§ 23. Die Betrachtung der topographischen Lage des Augapfels in der Orbita hat zwei Punkte zu berücksichtigen, nämlich das Verhältniss des Bulbus zum Rand der Augenhöhle und seine Lage in der Orbita selbst.

Der Rand der Augenhöhle ist, wie schon oben berührt wurde, dazu da, um Gefahren von dem Bulbus abzuhalten. Es fragt sich nun, ob der Schutz, den der Orbitalrand gewährt, ein vollständiger ist, oder ob es gewisse Theile des Bulbus gibt, die äusseren Eingriffen mehr ausgesetzt sind, als andere.

Die Methode gefrorener Durchschnitte hat einen vortrefflichen Anhaltspunkt für solche Untersuchungen gegeben, und eine Combination solcher Durchschnitte mit der Betrachtung des knöchernen Schädels und des unverletzten Bulbus ergibt nach allen Seiten hin befriedigende Resultate.

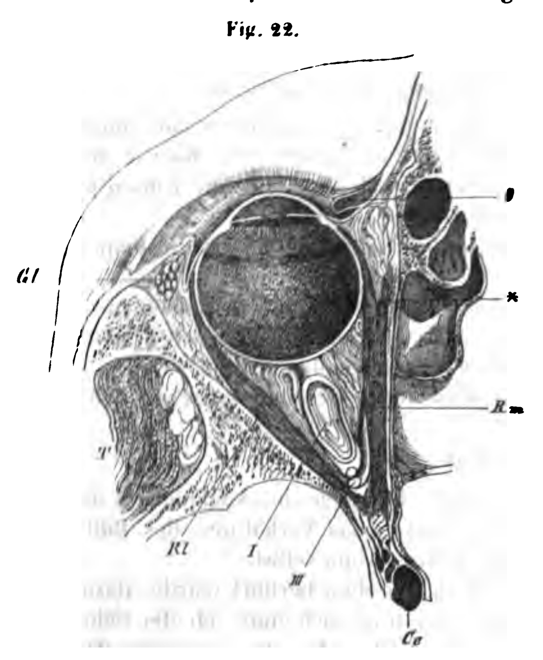
Was zuerst die Ebene, in welcher beide Bulbi liegen, anlangt, so ist dieselbe durch Untersuchung horizontaler Durchschnitte des Kopfes, die den Augapfel halbiren, leicht zu eruiren. Verbindet man an einem solchen Durchschnitt

beliebige gleichnamige Ebenen beider Augen durch eine Linie, etwa die Aequ rialebenen, so zeigt sich, dass die Linie genau in der Frontalebene des Körpers l . Nun ist es aber bekannt, dass die Ebenen der Gesichtsöffnungen beider Orb nicht in der Frontalebene liegen, sondern wie es oben § 7 erwähnt wurde, m oder weniger zur Seite stehen, sodass sie also zur Frontalebene grössere oder k nere Winkel bilden. So beträgt dieser Winkel in einem mir vorliegenden F z. B. 11°.

Macht man nun einen Durchschnitt durch ein gefrorenes Präparat in sagit Richtung ebenfalls in der Art, dass der Bulbus halbirt wird, und verbindet n die getroffenen Stellen des oberen und unteren Augenhöhlenrandes mit einan so findet man, dass diese Linie den höchsten Punkt der Cornea gerade tangirt.

Da nun aber die Gesichtsöffnung der Orbita nicht ganz in der Frontaleb liegt, sondern dieselbe nur hier schneidet, so wird der in Rede stehende Pu den Angelpunct für die Gesichtsöffnung darstellen, um welchen sich gleichsam d mediale Augenhöhlenrand nach vorne, der laterale Augenhöhlenrand nach hin gedreht hat. Es würde also der Bulbus auf dem Horizontalschnitte an der m dialen Seite vom Augenhöhlenrand überragt sein müssen, an der lateral Seite dagegen würde derselb zurückweichen. Die Betrach tung des Horizontalschnittes er gibt aber, dass dies nur relat richtig ist, denn verbindet ma hier (Fig. 22.) die beide Schnittränder mit einander, s sieht man, dass die Linie we hinter der Cornea das Aug schneidet; allerdings an der la teralen Seite noch hinter der *Or serrata* in den Bulbus eintre tend, an der medialen Seite da gegen weiter vorne, etwa in der Gegend, wo Ciliarkörper und Iris zusammenstossen, den Aug apfel wieder verlassend. Dieses Verhalten erklärt sich dadurch, dass die Ebene der Orbitalöff nung keine plane ist, sondern nach hinten concav gebogen er scheint, wie das die Profilbe trachtung jedes Schädels zeigt.

Fig. 22.



Horizontalschnitt des r. Auges. Obere Schnittfläche. *O* M. orbicularis oculi. *Gl* Thränendrüse. *Rl* M. rectus lateralis. *Rm* M. rectus medialis. * Dessen Fascienabzweigung. *I* N. opticus. *III.* N. oculomotorius. *Co* Canalis caroticus. *T* M. temporalis.

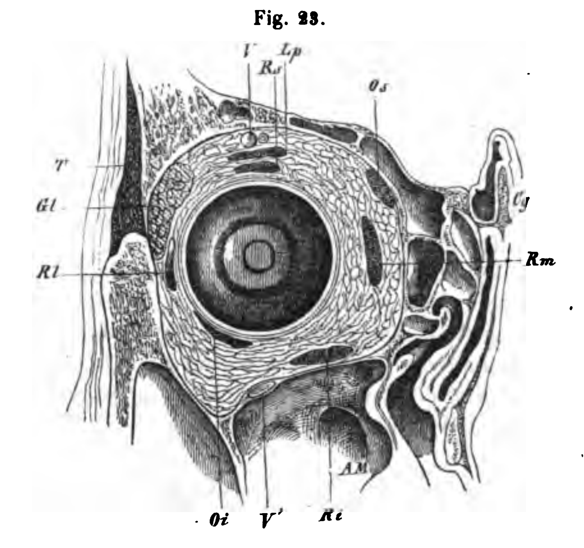
Eine Zusammenfassung der eben entwickelten Thatsachen ergibt, dass der Bulbus durch den oberen und unteren Augenhöhlenrand, gegen Eingriffe von diesen beiden Seiten her genügend geschützt ist. Die mediale Wand deckt wohl den Bulbus nicht vollständig, doch ist hier durch den sich sofort anschliessenden Nasenrücken ein mehr als hinreichender Schutz gegeben. Es ist also nur die laterale Seite des Bulbus, welche Eingriffen zu-

gänglich bleibt, und in der That lehrt auch ein Fingerdruck, der in seitlicher Richtung vor dem lateralen Augenhöhlenrand hergehend, den Bulbus trifft, dass der letztere hier bis fast zum Aequator der Betastung zugänglich ist.

Die Lage des Bulbus gegen die Gesichtsöffnung der Orbita ist keine ganz constante, sondern einigermaassen von dem in der Orbita enthaltenen Fett abhängig. Ist es in reichlicher Menge vorhanden, dann wird der Bulbus nach vorne gedrängt, nimmt es an Masse ab, dann presst der Luftdruck den Augapfel etwas tiefer in die Augenhöhle hinein. Bleiben jedoch die bindegewebigen Verbindungen des Bulbus und der Augenmuskeln mit der Orbitalwand bestehen, so kann der Bulbus nicht über eine gewisse Grenze hinaus in die Orbita zurücksinken und der Luftdruck wirkt bei weiter gehender Abmagerung nur auf die Umgebung desselben, so dass dann zwischen dem Augapfel und dem Orbitalrand eine Einziehung entsteht, die so tief werden kann, dass sie im Stande ist, einen Finger in sich aufzunehmen.

Was die Lage des Bulbus zur Augenhöhle selbst anlangt, so ergiebt ein Frontalschnitt (Fig. 23), dass er nicht in der Axe derselben liegt, sondern dass sein Centrum einige Millimeter lateralwärts von der Axe der Orbita sich befindet. Von der oberen und unteren Wand der Orbita ist der Bulbus ziemlich gleich weit entfernt, vielleicht der oberen Wand etwas näher liegend.

Fig. 23.



Frontalschnitt des l. Sehorganes. Vordere Schnittfläche. *Rs*, *Rm*, *Ri*, *Rl*, die Mm. rectus superior, medialis, inferior, lateralis. *Os*, *Oi* Mm. obliquus superior und inferior. *Lp* M. levator palpebr. sup. *Gl* Thränendrüse. *V* N. supraorbitalis. *V'* N. infraorbitalis. *T* M. temporalis. *AM* Kieferhöhle. *Cg* Crista galli.

Die Untersuchung eines solchen Durchschnittes harmonirt nicht vollständig mit einer Untersuchung der Lage des Bulbus, die wir durch Palpation am Lebenden ausführen können. Denn sucht man den Finger zwischen Augenhöhlenrand und Bulbus einzudrücken, so wird die Möglichkeit des Eindringens nicht nur von der Lage des Bulbus in der Orbita sondern auch von dem mehr oder weniger starken Ueberhängen des Augenhöhlenrandes abhängig sein.

Am leichtesten kommt man in die Tiefe an der unteren Wand. Hier ist der Augenhöhlenrand wenig gewulstet, und durch das steile Abfallen der unteren Wand nach vorne und besonders lateralwärts, stark abwärts gedrängt, so dass hier die Fingerspitze weit unter dem Bulbus vorgeschoben werden kann. Dann folgt die mediale Seite, wo die eigentliche Wand der Augenhöhle ganz ohne Rand in die Seitenfläche der Nase übergeht. Hier würde ein Eindringen dadurch wohl am leichtesten möglich sein, doch ist hier ein wirksamer Schutz in dem Thränensack und dem festen damit verbundenen *Lig. palpebr. mediale* gegeben.

Oben hängt der Augenhöhlenrand so stark vorne über, dass nur wenig Pl
bleibt und hier ein Eindringen äusserer Gewalten am wenigsten zu befürchten is
An der lateralen Seite ist zwar durch das Heranrücken des Bulbus an diese Wan
sowie durch die starke Wulstung des Randes ein tieferes Eindringen äusser
Einwirkungen zwischen Wand und Augapfel nicht möglich, aber doch ist hi
wegen des oben erwähnten starken Zurückweichens des Randes die gefährdet
Stelle des Bulbus. Denn schon ein wenig tiefer Druck lässt hier die Fingerspit
an die hintere Hemisphäre des Bulbus gelangen und es ist möglich den Bulbu
aus der Orbita förmlich heraus zu hebeln, dadurch, dass man den Rand der Or
bita als Hypomochlion benützt.

Wirklich sollen nach Hyrtl's Angaben mehrfache Fälle beobachtet sein, i
welchen auf solche Weise der Bulbus aus der Augenhöhle ausgedrückt wurde.

Durch die zahlreichen Bindegewebssepta wird der Augapfel fest in seine
Lage gehalten. Dass aber doch eine geringe Verschiebbarkeit vorhanden ist, kan
man leicht an sich selbst vor dem Spiegel bei Anbringung eines seitlichen Druck
beobachten.

Huschke und mit ihm Hyrtl geben an, dass der Augapfel der inneren Augenhöhlenwan
näher stehe, als der äusseren. — Eine sorgfältige Durchsicht der Abbildungen frontaler Durch
schnitte von gefrorenen Präparaten, sowie Anfertigung eigener Schnitte hat mich nicht von de
Richtigkeit dieser Angabe überzeugen können. Stets fand ich in Augenhöhlen, bei denen ic
sicher sein konnte, dass keine Verschiebung der einzelnen Theile gegen einander stattge
funden hatte, dass sich der Bulbus in der oben angegebenen Weise verhielt, wie es auch vo
Langer in seinem Lehrbuch beschrieben wird.

Arlt nimmt an, dass sich der Bulbus in toto von vorn nach hinten zu ver
schieben im Stande sei. Als Beweis für diese Ansicht führt er an, dass man »be
einseitig allein oder in ungleich höherem Grade bestehender Kurzsichtigkei
auch den Stand der Lider verändert, überhaupt den Bulbus mehr hervorrage
sieht. Bei momentanem Collapsus, z. B. nach reichlichem Erbrechen oder Abwei
chen, sinken die Lider ein; bei gewissen Gemüthsaffecten (Zorn, Schrecken) is
es, als böte die Orbita dem Bulbus nicht genug Raum.« Auch Donders nimmt di
Möglichkeit einer solchen Verschiebung an, und erklärt sie durch die wechselnde
Füllung der Blutgefässe der Orbita.

IV. Augenmuskeln.

§ 24. Der Augapfel ist nach allen Richtungen hin beweglich und stellt eine Ar
throdie im vollsten Sinne des Wortes dar, denn er gleitet auf seiner Unterlage einer
bindegewebigen Hohlkugel, wie ein Gelenkkopf in seiner Pfanne. Als Gelenk
kopf fungirt natürlich nur seine hintere Hemisphäre, welche eine wirkliche Ku
gelgestalt zeigt, die vordere Hälfte, die durch die Einschnürung am *Sulcus sclerae*
beträchtlich modificirt wird, kommt bei seinen Bewegungen gar nicht in Betracht.
Durch die genauen Untersuchungen von Valentin, Burow, Donders, Volkmann,
Woinow, Müller, Berlin u. a. hat sich herausgestellt, dass Ein Punkt bei allen
Augenbewegungen stets seine Stelle bewahrt, und dass dieser Punkt nahe dem
Centrum des Augapfels liegt. Donders und Volkmann geben den genauen Nach
weis, dass dieser Drehpunct, der seine Lage im Verlauf der Sehaxe hat, im Mit
tel 13,54 Mm. hinter dem Hornhautscheitel also etwa einen Millimeter hinter dem
Centrum des Bulbus befindlich ist.

Zur Ausführung der Augenbewegungen wird ein sehr einfach construirter Apparat von sechs bandartig platten Muskeln benutzt, die sich zwei und zwei immer symmetrisch gegenüber liegen.

Vier, welche den Blick nach oben, unten und nach beiden Seiten seitwärts wenden, laufen in gerader Richtung vom Hintergrund der Augenhöhle nach dem Bulbus hin. Ihre Lage ist aus ihren Namen zu ersehen, es sind dies die *Mm. rectus sup.*[1], *inf.*[2], *medial.*[3], *lateral.*[4] Sie stellen so eine Art unvollkommen geschlossener Pyramide dar, deren Basis durch die Insertionen am Bulbus, deren Spitze durch den Ursprung im Hintergrund der Orbita gebildet wird. Ihnen gesellen sich noch zwei andere Muskeln zu, welche die schräg nach oben und nach unten gehenden Bewegungen ausführen. Nur der eine, *M. obliquus superior*[5]) nimmt seinen Verlauf mit den im Hintergrund der Augenhöhle entspringenden *Musculis rectis*, der andere, *M. obliquus inferior*[6]), der mit dem *Obl. sup.* weniger vollkommen symmetrisch gestellt ist, als dies bei den bezüglichen Rectis der Fall ist, zieht in ganz abweichender Richtung von dem medialen vorderen Rand der Augenhöhle nach der lateralen hinteren Seite des Bulbus. Mit den fünf aus dem Hintergrund der Orbita herkommenden Muskeln, die den Augapfel bewegen, entspringt noch ein den gleichen Verlauf einhaltender Muskel für Hebung des oberen Augenlides bestimmt, der *Levator palpebrae superioris.* So finden sich also in der Orbita sieben Muskeln, von denen sechs im Hintergrund, einer dagegen am vorderen Rand der Orbita entspringen.

Was nun zuerst die sechs gemeinsam verlaufenden Muskeln anlangt, so lagern sich ihre Ursprünge in zwei Schichten.

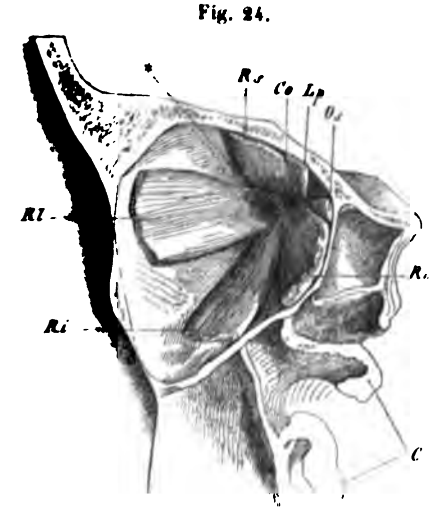
In der einen finden sich die vier *Mm. recti*, in der andern der *M. obliquus superior*, der *M. levator palpebrae superioris*, sowie ein zweiter Kopf des *M. rectus lateralis* (Fig. 24).

Für ein genaues Verständniss der in Rede stehenden Verhältnisse ist es jedoch nöthig, zuerst einen Blick auf die Topographie der Ursprungsstelle zu werfen. Der Hintergrund der Augenhöhle, welcher am macerirten Schädel zwei klaffende Oeffnungen zeigt, den *Canalis nervi optici* und die sich dicht anschliessende *Fissura orbitalis superior*, ist an dem mit Weichtheilen überzogenen Kopfe durch eine sehr feste Bindegewebsmembran geschlossen. Dieselbe geht, wie oben genau erörtert, aus der Verbindung der Periorbita mit der *Dura mater* des Gehirnes, die sich in der Fissur begegnen, hervor. Nur zwei Oeffnungen bleiben, beide Nerveneintrittsstellen, die eine ist der *Canalis n. optici*, welcher zwischen den beiden Wurzeln der *Ala orbitalis* des Wespenbeines lateral abwärts läuft, die andere, etwas kleinere lateral und schräg nach unten vom Canal des Sehnerven gelegen, ist zum Durchtritt des *N. oculomotorius* bestimmt und kann den Namen *Foramen nerv. oculomotorii* führen (Fig. 24*, 25 *Fo*). Letzteres hat, wie bekannt, keine vollkommen knöcherne Umgränzung, sondern ist nur an der medial oberen Seite von der untern Wurzel der *Ala orbitalis* des Keilbeines begränzt. Der übrige Theil des Randes gehört der straffen und scharf gespannten Periorbita an, welche hier durch ihre knorpelartige Festigkeit und geringe Elasticität sehr geeignet ist, den Knochen zu vertreten. Beide, die genannten Canäle passirende Nerven tre-

[1]) Synon. M. attolens, superbus, sublimis, Levator oculi. [2]) Synon. M. deprimens, humilis. [3]) Synon. M. adducens, amatorius, bibitorius. [4]) Synon. M. abducens, indignator. [5]) Synon. Obl. major, longus. M. trochlearis, patheticus. [6]) Synon. Obl. minor, brevis.

ten in die Spitze der von den vier *M. rectis* gebildeten Pyramide ein; es w… also die Ränder der Eintrittsöffnungen von den Insertionen der letzteren u… gen, ohne dass auf ihre Anheftung die, beide Foramina sondernde Kno… spange, die untere Wurzel der *orbitalis oss. sphen.* von modific… dem Einfluss wäre.

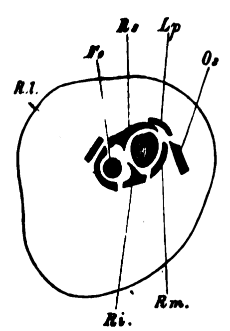
Fig. 24.



Hintergrund der r. Augenhöhle mit den Ursprüngen der Muskeln. *Rs*, *Rm*, *Ri*, *Rl* die Mm. rectus sup. med. inf. later. *Os*, *Oi* Mm. obliquus sup. und inf. *Co* Canalis nervi optici. * Foramen nervi oculomotorii. *C* Durchschnitt der mittleren und unteren Nasenmuschel.

Die Sehnen der geraden Au… muskeln treffen, wenn man sie … den Ursprung verfolgt, ehe sie … dem Gewebe der Periorbita verlie… mit einander zusammen und … schmelzen zu einer kurzen Röhre … einem Trichter von ovaler Form. … spitze Seite des Ovales nach unten … aussen vom *Foramen nervi oculomo…* gelegen, die breite Seite den obe… medialen Rand des *Canalis opticus* u… ziehend. Was die Gruppirung der e… zelnen Muskeln betrifft, so treffen … beiden *Mm. rectus superior* und *in…rior* einander gegenüber, gerade … die untere Wurzel der *Ala orbita…* welcher sie noch einige Sehnenbün… zuschicken, während oben, den medi… len Theil des *Canalis opticus* umgre… fend, der *Rectus medialis* seinen Ursprung nimmt. Der Ring wird geschlosse… durch den einen Kopf des *M. rect. lat.*, der am weitesten nach unten und lateralwärts gelegen ist, und den frei… Rand des *Foramen n. oculomotorii* umzieht.

Fig. 25.



Schema der Muskelursprünge im Hintergrunde der linken Augenhöhle. *Co* Canalis n. optici. *Fo* Foramen nervi oculomotorii. *Rs*, *Rm*, *Ri*, *Rl* die Ursprungsstellen der vier Mm. recti. *Os* M. obliquus superior. *Lp* M. levator palpebrae superioris.

Der zweite Kopf des letzteren Muskels hat seinen Ur… sprung lateralwärts an der *Ala temporalis* des Wespenbeins, wo er sich an die *Spina recti lateralis* ansetzt.

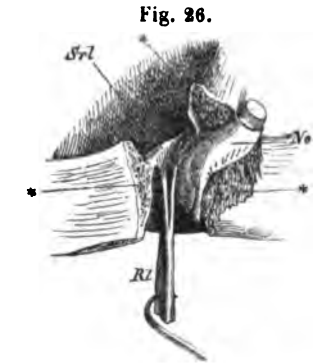
Von den beiden noch übrigen Muskeln, die im Hinter… grund des Auges entspringen, schliesst sich der *Levato… palpebrae superioris* aufs Genaueste an den von den *Mm. rectis* gebildeten Trichter an. Er entsteht mit einer dünnen Sehne aus dem Perioste des *Canalis opticus* dicht über der Stelle, wo die Insertionen des *M. rectus superior* und *me… dialis* zusammenstossen. (Fig. 27.)

Der *M. obliquus superior* findet keinen Platz mehr im Augenhintergrund und nimmt auf die Seite gedrängt, sei… nen Ursprung aus dem Perioste des Wespenbeinkörpers, 1 — 2 Mm. vor der Insertion des *M. rectus medialis*, indem er sich nach oben so dicht wie möglich, oft bis zur Ver… wachsung der Sehnen an den *M. levator palpebr. sup.* anlegt.

Die hier gegebene Darstellung weicht von der bisher üblichen in manchen Punkten be… deutend ab. Die bisherigen Untersuchungen des Ursprunges der Augenmuskulatur schliessen

ch mehr oder weniger genau an ZINN's Darstellung an, der bekanntlich ein Band aus der *ura mater* der mittleren Schläfengrube entstehen lässt, an elchem der *Rectus med. infer.* und *lateral.* entspringen, die brigen sollten direct aus der Scheide des Opticus oder de-en nächster Umgebung kommen. Wirklich genaue Angaben, ie doch für die Zwecke der Physiologie höchst wichtig er-cheinen, finden sich in keiner der mir bekannt gewordenen)arstellungen.

Fig. 26.



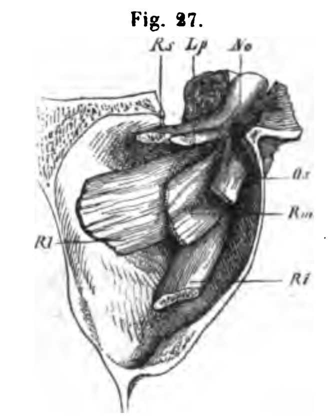
Hintergrund der r. Augenhöhle von oben. Die Decke des Canal. nervi optici und der Fissura orbital. superior ist entfernt. *Schnittflächen des Knochens. Ansicht der beiden Köpfe des M. rectus lateralis *Rl*. Die eine Zacke entspringt an der Spina recti lateralis *Srl*, die andere aus der Scheide des N. opticus *No*, dicht neben dem kurz abgeschnittenen M. rectus sup. und M. levat. palp. Der M. rect. lat. ist mit einem Haken medianwärts gezogen, um die beiden Köpfe sichtbar zu machen.

Ganz besonders ist zu erwähnen, dass der zweite Kopf les *M. rect. lateralis*, sowie auch die von mir sogenannte *Spina recti lateralis* bis jetzt gänzlich unbekannt geblieben ,ind.

Will man mit ZINN einige Sehnenbündel durch die *Fis-:ura orbital.* in die Schädelhöhle hinein verfolgen, so steht lem Nichts in Wege, da wirklich einige Faserzüge von dem Ansehen der Sehnen hier in der Dnra nachzuweisen sind. Da aber eine physiologische oder praktische Bedeutung solchen Bündeln nicht vindicirt werden kann, so scheint eine genauere Beschreibung derselben werthlos zu sein.

Der Verlauf der Muskeln, welche in dem Hintergrund der Augenhöhle entspringen, nach vorne zu ihrer Insertion, gestaltet sich ziemlich gleichmässig für die vier *Mm. recti* und den *M. levator palpebr. sup.*, abweichend davon aber bei dem *M. obliquus superior*. Was zuerst die vier *M. recti* betrifft, so verlaufen sie in der Art zum Bulbus, dass drei zur Hälfte ihrer Länge der Orbitalwand ziemlich dicht anliegen, mit derselben durch spärliches Bindegewebe verbunden, während der vierte der *Rect. sup.* unter dem *Levator palp.* liegt, ihn nur an der lateralen Seite etwas überragend, und mit diesem zarte Bindegewebsbündel austauscht. Dann aber wenden sie sich etwas vor der Hälfte ihres Verlaufs dem in das Fett der Augenhöhle eingehüllten Bulbus zu, sie durchbrechen also diese Fettschichte, um schräg durch sie ziehend ihren Endpunkt zu erreichen. Dieser Endpunkt ist aber nicht etwa mit der grössten Peripherie, dem Aequator des Augapfels identisch, sondern liegt, wie unten näher besprochen wird, eine Strecke vor demselben. Sie setzen sich an die Sclerotica mit breiten, dünnen Sehnen fest und verflechten sich mit dieser Haut, wie es schon genauer angegeben ist.

Fig. 27.



R. Augenhöhle, Frontalschnitt hinter der Mitte. Fissura orbitalis sup. und Can. nerv. optic. von oben geöffnet. Ursprünge der Mm. rectus sup. *Rs*, Levat. palp. sup. *Lp*, und obliquus sup. *Os*. Die abgeschnittenen Mm. rectus lateralis *Rl*, rectus inf. *Ri*, und Rectus medialis *Rm* sind zur Seite geschlagen. *No* Scheide des N. opticus.

Die Stärke und Dicke der einzelnen Muskeln ist nicht die gleiche, sondern sie folgen sich in absteigender Reihe nach den von VOLKMANN angestellten Messungen des Querschnitts folgendermaassen: *Rect. medialis* 17,39 □ Mm., *Rect. lateralis* 16,73 □ Mm., *Rect. infer.* 15,85 □ Mm., *Rect. super.* 11,34 □ Mm.

Das Gewicht der Muskeln verhält sich nach VOLKMANN übereinstimmend mit dem Querschnitt; für den *Rect. medial.* 0,747 Gramms., für den *Rect. lat.* 0,715, für den *Rect. infer.* 0,671, für den *superior* 0,514 Gramm.

Es geht also aus diesen Untersuchungen hervor, dass der *M. rect. medialis* der grösste, der *Rect. superior* der schwächste ist. Die Länge der R. geht mit ihrer Stärke nicht Hand in Hand, sondern VOLKMANN zeigt, dass die Muskulatur des *M. rect. superior* den längsten Verlauf hat (41,8 Mm.), während sich die andern in der Art an ihn anschliessen, dass nur der *Rect med.* mit 4.. Mm., dann *Rect. lateral.* mit 40,6 und zuletzt der *Rect. infer.* mit 40,0 Mm. folgen.

Die vorstehenden Wägungen VOLKMANN's weichen insofern von den bisherigen Angaben anatomischer Lehrbücher ab, als man immer gewohnt war, den *M. rectus lateral.* für den stärksten zu halten. Die Gewichtsangaben BISCHOFF's (HENLE und PFEIFFER Ztsch. f. r. M. R. XX) bestätigen auch diese Annahme, er lässt den *Rect. later.* 0,7 Gramm, alle übrigen 0,5 Gr. schwer sein. Da mir für eigne Untersuchung dieser Differenz frisches Material in genügender Menge augenblicklich nicht zu Gebote steht, sehe ich mich genöthigt, die beiden verschiedenen Angaben ohne Ergänzung durch eigene Beobachtung anzuführen.

Der *M. obliquus superior* weicht in seinem Verlauf theilweise von den *Mm. rectis* ab. Während der Muskelbauch einen ähnlichen Verlauf zeigt, wie der der Recti, geht die Sehne durch eine faserknorpelige feste Rolle, die als sattelförmig gebogene, durch den Knochen zu einer kurzen Röhre geschlossene Halbrinne in der *Fossa trochlearis* (Fig. 2 Ftr.) befestigt ist, und biegt dann in einen Winkel von 53—54° um, nimmt so einen etwas rückläufigen Weg und kommt sehr wenig absteigend und unter dem vorderen Ende des *Musc. rect. sup.* durchtretend von diesem noch bedeckt, auf dem Augapfel an. Der Muskel hält sich, um zur *Trochlea* zu kommen, in seinem ganzen Verlauf hart an die Wand der Augenhöhle, liegt also stets über dem Fettpolster, welches dieselbe ausfüllt (Vergl. Fig. 23).

Der letzte im Augenhintergrund entspringende Muskel, der *M. palpebr. sup.* gleicht im Verlauf den *M. rectis.* Zuerst unter dem Dach der Augenhöhle verlaufend, den *M. rect. sup.* von oben her deckend, steigt er vorn durch die Fettmassen der Orbita herab, um sich fächerförmig ausgebreitet, an den Tarsus des oberen Lides zu inseriren.

Fig. 28.



R. Augenhöhle von vorn; etwas abwärts sehend, um den Boden der Orbita sichtbar zu machen. Ursprung des M. obliquus inferior *Oi*, am lateralen Rand des Sulcus lacrymalis *Sl*.

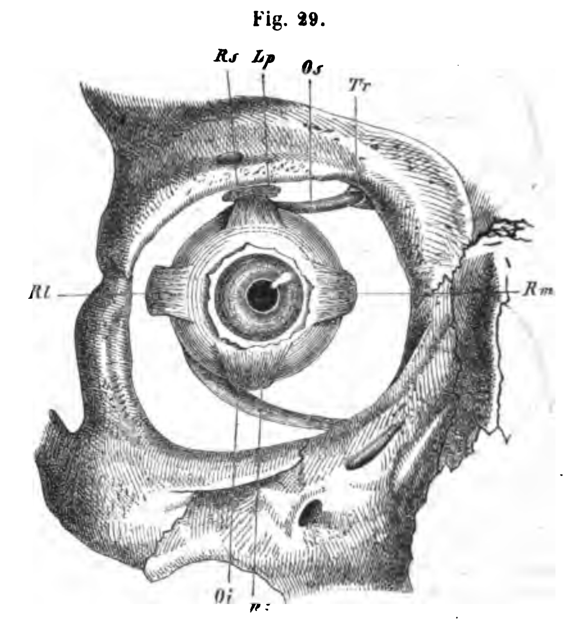
Der *M. obliquus inferior*, welcher, wie erwähnt, seinen Weg schräg von vorn nach hinten nimmt, entspringt an dem vorderen Ende der medialen Augenwand, genau von dem der Augenhöhle zugekehrten Rande des Thränenkanals (Fig. 28). Er verlässt die Augenhöhlenwand sogleich, um in leicht geschwungenen Bogen aufzusteigen und schliesslich unter dem *M. rectus inferior* weglaufend zwischen ihm und den *Rectus lateralis* an die hintere Hemisphäre des Bulbus heranzutreten und sich mit ihr zu verbinden. (Fig. 29.)

Ebenso unfruchtbar, wie es die Versuche sind, die um den *N. opticus* entspringenden

Muskelsehnen in die Schädelhöhle hinein zu verfolgen, sind es auch diejenigen, welche zum Zweck haben, die Sehne des *Obliqu. infer.* bis in den Thränensack zu präpariren. Denn wenn auch Fasern in denselben hineingehen, so ist doch schon vor deren Abgang am Knochenrand eine so feste Insertion, dass solche Fasern eine spannende Wirkung nicht mehr auszuüben im Stande sind.

Die Insertion der Augenmuskeln am Bulbus ist sowohl in physiologischer, als auch besonders in operativer Beziehung von grosser Wichtigkeit und wurde deshalb, seit man die Schieloperationen macht, aufs Genaueste studirt.

Fig. 29.



Der Augapfel in seiner normalen Lage in der Augenhöhle von vorne gesehen. *Lp* der abgeschnittene M. levator palpebrae superioris. *Rs*, *Rl*, *Ri*, *Rm*, Ansätze der Mm. recti an den Bulbus. *Tr* Trochlea. *Os* Sehne der M. obliqu. super. *Oi* M. obliquus inferior.

Die Länge der einzelnen Sehnen ist nicht durchweg die gleiche, sondern genaue Messungen ergeben die folgenden mittleren Längendimensionen derselben:

M. rectus superior	5,8	Mm.
» *inferior*	5,5	»
» *medialis*	8,8	»
» *lateralis*	3,7	»
M. Obliquus infer.	2,6	»
M. oblip. superior von *Trochlea* bis Insertion	19,5	»

Der Abstand der Sehneninsertionen von dem Cornearande wurde von einer Reihe von Autoren gemessen. Doch ergibt eine Uebersicht dieser Angaben so sehr verschiedene Werthe, dass es geboten erschien, eine Reihe eigener Messungen zu machen. Die Mittelzahlen derselben treffen am nächsten mit denen von Krause zusammen, dessen Werthangaben ich hier in Klammern beisetze:

Rect. super.	8,0	(7,54)	Mm.
» *infer.*	7,2	(7,07)	»
» *med.*	6,5	(6,91)	»
» *lat.*	6,8	(7,85)	»
Obl. sup.	16,0	(17,9)	»
» *inf.*	17,3	(19,1)	»

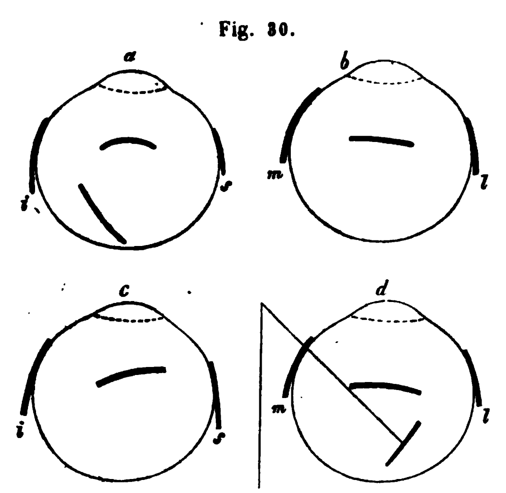
Es scheinen sehr verschiedene Werthe vorzukommen, da ja die Mittelzahlen von Krause und mir z. B. beim *Obl. infer.* um fast zwei Millimeter differiren.

Auch die Breite der einzelnen Sehnen ist nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen. Um daher dem Leben möglichst nahekommende Abbildungen zu liefern, wurden in den Figg. 30 *a*—*d* auf der folgenden Seite die Sehnenanheftungen nicht nach Mittelzahlen eingezeichnet, sondern so, wie sie sich in Breite und Krümmung an einem sehr gut conservirten normalen Auge zeigten. Die Sehne

des *Rect. infer.* inserirt sich hier in einer fast geraden Linie, die des *Rectus medialis* reicht an ihrem unteren Ende bedeutend zurück. Die beiden anderen Recti zeigen schwach nach vorne convex gekrümmte Insertionslinien.

Erwähnenswerth ist ferner, dass sämmtliche Sehnen in ihrem hinteren, d. h. dem Muskelbauche zugekehrten Theil so gut wie gar keine bindegewebigen Verbindungen zum Bulbus senden. Ein bis anderthalb Millimeter vor der eigentlichen Anheftung aber entwickeln sich reichlichere Bindegewebsmassen von ziemlich fester Beschaffenheit, welche die Sehne an den Augapfel anheften. Dieselben erstrecken sich auch noch auf beide Kanten der platten Sehnen und so kommt es, dass eine vollständig genaue Bestimmung der Breite der letzteren eigentlich gar nicht gegeben werden kann. Denn, spannt man eine Sehne durch Aufheben und Abziehen des Muskelbauches an, so sieht man leicht, dass noch zu beiden Seiten der eigentlichen, glänzenden Sehnenbündel ein straffes Bindegewebe zum Bulbus zieht, welches von besonderer Festigkeit ist, und als eine Art von »Adminiculum« der Sehne aufgefasst werden muss. Bei Schieloperationen wird man, um einen vollständigen Erfolg zu erzielen, jedenfalls gut thun, auch diese nicht sehnig aussehenden variabel breiten Nebenlamellen zu trennen.

Fig. 30.



Schematische Figuren der Ansatzpunkte der Augenmuskeln an den Bulbus. *a* Ansätze der Mm. rectus lateralis und obliquus infer.; *b* Ansatz des M. rect. infer.; *c* Ansatz des M. rect. medial.; *d* Ansatz des M. rect. super. und obliquus super. Der angelegte Winkel ist dem gleich, welchen die Sehne mit dem Muskelbauche macht. *s, i, l, m* Mm. r. sup., inf., lat., med.

Durch meinen verehrten Freund, Herrn Professor Leber darauf aufmerksam gemacht, dass anscheinend vollständige Tenotomien der Augenmuskeln hier und da nicht ganz den gewünschten Erfolg hätten, lenkte sich mein Augenmerk ganz besonders auf diese Stellen und ich fand so das feste Bindegewebe zu beiden Seiten und unmittelbar hinter dem Anheftungspunkt sämmtlicher Sehnen der Augenmuskeln.

§ 25. Die Fascien der Augenmuskeln sind nicht so deutlich von einander getrennt, dass man sie einzeln beschreiben könnte, sondern sie hängen unter sich und mit den Bindegewebsblättern, welche das Fett der Augenhöhle durchziehen, so innig zusammen, dass es nur möglich ist, den ganzen Bindegewebsapparat der Orbita in Gesammtheit zu betrachten.

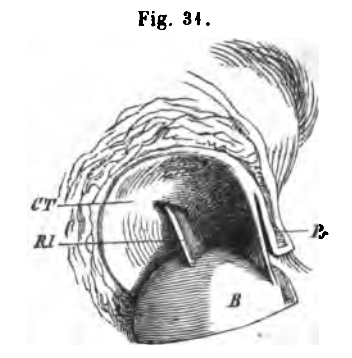
Der Bulbus selbst ist von einer dünnen Kapsel aus lockerem Bindegewebe umgeben, der Tenon'schen Kapsel[1]), welche die oben schon erwähnte Pfanne für denselben darstellt. Es ist diese Kapsel überall mit dem Bulbus durch zarte Bin-

[1]) Fascia Tenoni, Albuginea bulbi, tunica vaginalis bulbi, aponeurosis orbito-ocularis. Kapsel des Bulbus.

degewebsbündel verbunden, die aber so locker und dehnbar sind, dass es leicht ist, mittelst eines Tubulus, den man durch einen kleinen Einschnitt in diese Kapsel einsteckt, dieselbe in grosser Ausdehnung aufzublasen. Bei einer solchen Procedur zeigen sich auch die Gränzen dieser Bindegewebshülle am besten. Es findet sich, dass sie vorne mit der Conjunctiva verwächst und so eine kurze Strecke hinter der Cornea endet. An der hinteren Hemisphäre des Bulbus trifft ihr Ansatz an demselben mit dem Eintritt der Ciliarnerven und -Gefässe zusammen, so dass sie also in einer unregelmässigen Linie endet und eine Stelle des Bulbus frei lässt, welche nahe an einen Centimeter Durchmesser hat und in ihrer Mitte den Eintritt des *N. opticus* in das Auge zeigt. Einzelne grössere Ciliarnerven sind manchmal von einem scheidenartigen Divertikel der TENON'schen Kapsel auf eine kurze Strecke von einigen Millimetern umhüllt. Die den Augapfel abgewandte Aussenfläche der Kapsel setzt sich direct in die Septa fort, welche die einzelnen Fettläppchen von einander abgränzen.

Die Augenmuskeln durchbrechen bei ihrem Herantritt an das Auge diese Kapsel. Es zeigen sich die geschlitzten Spalten, durch welche sie eintreten, neben den Muskeln nur durch lockeres Bindegewebe ausgefüllt. (Fig. 31.)

Fig. 31.



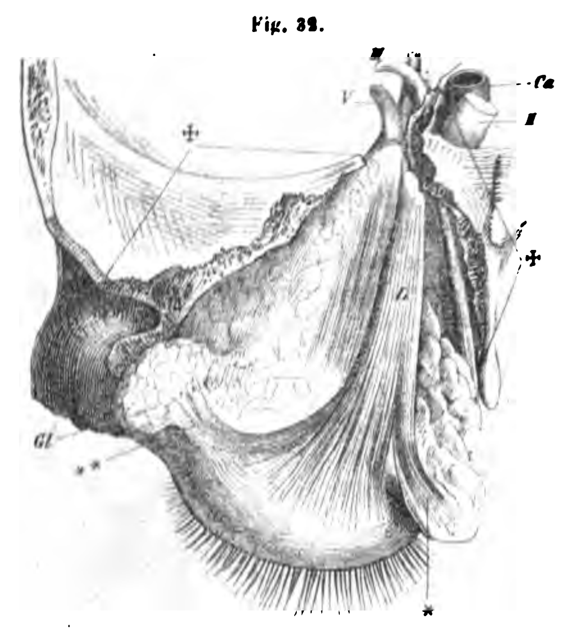
Schnitt durch die Mitte des Bulbus und seine Umgebung, laterale Schnittfläche. Der Bulbus ist abwärts gezogen, um die Tenon'sche Kapsel zu zeigen. *B* Bulbus. *CT* Tenon'sche Kapsel. *Rl* der durch einen Schlitz der Tenon'schen Kapsel zum Bulbus gelangende M. rectus lateralis. *Ps* Durchschnitt des oberen Augenlides.

Die Muskeln des Bulbus sind, soweit sie an der Orbita anliegen, mit einer sehr dünnen Fascie bedeckt, welche dasselbe Ansehen zeigt, wie die TENON'sche Kapsel und auch in gleicher Weise durch lockeres Bindegewebe mit der Umgebung verbunden ist. Erst wenn sie beginnen, sich in das Fett der Orbita einzusenken, wird die Fascie bedeutend dicker und fängt nun auch an, sich in Bindegewebsplatten fortzusetzen, welche nach der Wand der Augenhöhle ihren Verlauf richten. An der Stelle, wo die dicken Fascienblätter der TENON'schen Kapsel aufliegen, verwachsen sie in der dem Bulbus zugekehrten Seite auch mit derselben und verstärken sie beträchtlich. Nach dem Fett der Orbita gränzen sie sich weit schärfer ab, es sind hier die Verbindungen ohne Zuhilfenahme eines Messers leicht mit der Pincette zu lösen. Das äussere Blatt der Fascien, welches sich in die erwähnten Bindegewebsplatten verbreitert, setzt sich in gleicher Dicke über die TENON'sche Kapsel weg, bis zu ganz bestimmten Stellen der Orbita nicht weit vom Augenhöhlenrand entfernt, fort, wo es sich mit einer festen straffen Insertion anheftet.

Betrachtet man die einzelnen Fascieninsertionen, so zeigt sich an der lateralen, oberen Seite der Augenhöhlenwand in der Gegend der *Sutura zygomatico-frontalis* eine ganz besonders wichtige Stelle, an welcher die Fascienblätter von 3 Muskeln zusammenstrahlen. Sie liegt so, dass die obere Thränendrüse noch auf ihr aufruht. (Fig. 32.) Es kommen hier von oben her die Fascienblätter des *Levator palp. sup.*, und des *M. rect. sup.* von unten herauf vereinigt sich mit der straffen Insertion der obere Zipfel des *M. rect. lateral.* Einen halben Centimeter weiter abwärts inserirt sich der zweite Zipfel der Fascia des *M.*

rect. lateral. an der lateralen Augenhöhlenwand. Zwischen dem oberen gem... samen Anheftungspunkt und dem obengenannten kommt bei starker Ausbildu... der Thränendrüse bei der Betrachtung von hinten noch ein Läppchen des unter... Theiles derselben zum Vorschein.

Fig. 38.



Augenhöhle von oben geöffnet. † Schnittränder des Knochens. *L* M. levator palpebr. s. *, ** Ausstrahlung seiner Fascie, Muskelbündel enthaltend, nach der lateralen und medialen Seite hin. *Gl* Thränendrüse, zurückgeschlagen. *Ca* Art. carotis. *II* N. opticus. *III* N. oculomotorius. *V* R. ophthalmicus des N. trigeminus.

An der medialen Se... der Augehöhle ist das Verhältniss ein etwas anderes hier theilt sich der Fascienzipfel des *Levat. palpeb.* und geht mit seinem stärkeren Theil vor der Trochlea bis zum *Ligam. palpebr. mediale* herab. Der schwächere Theil geht hinter der Trochlea entlang und inserirt sich an ihrem unteren Rande.

Der Zipfel des *M. rectus super.* kommt an dieselbe Stelle wie der schwächere des *Lev. palb.* und es ist seine Insertion noch bis auf die untere Seite der Trochlea, manchmal sogar bis in die Fascie des *M. obliqu. sup.* selbst zu verfolgen. Die Fascienfortsetzung des *Rect. med.* steigt nicht auf wie die des *lateral.*, sondern trifft absteigend mit der des *Rect. infer.* zusammen. Beide setzen sich in einer breiten Linie vom Ursprung des *Obliqu. infer.* anfangend bis über das obere Ende des Thränensackes hinaus an dem Periost an, welches die hintere Hälfte des Thränenbeines bedeckt. Es erreicht diese Insertion jedoch die hintere Wand des Thränensackes nicht, sondern ist durch einen Zwischenraum von etwa 2 Millimetern noch davon getrennt. Was die beiden *Obliqui* anlangt, so ist der untere nur durch eine bedeutende Fascienverstärkung mit der vorüberziehenden Fascie des *M. rectus inferior* verbunden, ein fester Ansatzpunkt am Knochen konnte nicht entdeckt werden. Die Fascie des *M. obliquus superior* verstärkt sich in ihrem vorderen Drittel ebenfalls bedeutend, hüllt den Muskelbauch röhrenförmig ein und setzt sich an die Trochlea an. Auf der anderen Seite beginnt von der Trochlea wieder eine starke Fascie, welche die abgehende Sehne einhüllt und mit ihr fest verwächst.

In alle beschriebenen Fascienzipfel können sich grössere Muskelbündel fortsetzen (vergl. Cruveilhier *Traité d'anatomie*, Henle, Eingeweidelehre), die dann eine bei vielen Muskeln beobachtete Nebenfunction haben. Oft kommt es ja vor, dass Gelenke oder Fascientheile oder sonst häutige Gebilde durch solche abirrende Muskelbündel eine Spannung erfahren, dass auch, wenn hier an den

Augenmuskeln die abgezweigten Muskelfasern makroskopisch nicht wahrzunehmen, mikroskopisch stets solche nachzuweisen sind, ist nach früheren Untersuchungen nicht unwahrscheinlich.

Fragt man nach der Bedeutung dieser constanten mit Muskeln versehenen Fascienanheftungen am Knochen, so ist sie unschwer zu finden. Sie stellen nichts weiter dar, als die lange vergeblich gesuchten Hemmungsvorrichtungen für die Augenmuskeln.

Jedes Gelenk hat Hemmungsvorrichtungen, welche die Bewegung schon eher hindern, als es die Configuration der Gelenkflächen selbst thun würde. Es ist also nicht wunderbar, dass auch die Arthrodie, welche der Bulbus darstellt, solche Hemmungsapparate zeigt. Der Beweis, dass wirklich gerade diese Fascienanheftungen die erwähnte physiologische Wirkung haben, kann leicht durch das Experiment erbracht werden. Oeffnet man die Orbita von hinten und legt mit Schonung der Fascienzipfel die Augenmuskeln frei, so wird ein Zug an ihnen keine grösseren Excursionen des Bulbus zulassen, als man sie auch im Leben beobachtet. Schneidet man aber die Anheftungen der Fascienzipfel durch, dann zieht sich erstens der Bulbus weit in die Augenhöhle zurück und dann lässt er sich soweit herumdrehen, bis sich die Sehne des betreffenden Muskels ganz abgewickelt hat, so dass also z. B. bei Freimachung des *Rect. super.* die Cornea gegen den vorderen Theil des Augenhöhlendaches blickt, eine Stellung, welche im Leben niemals eingenommen werden kann.

Die Hemmung der *Recti* und des *Lev. palpebr.* liegt in der Fascie jedes einzelnen derselben, sie sind also, wie jede Betrachtung lehrt, gänzlich unabhängig von einander. Anders aber ist es bei den Obliquis. Wie erwähnt, besitzt ja der *Obliquus inferior* keine Anheftung seiner Fascie an den Knochen [1], sondern vereinigt sich nur mit der des *Rect. infer.* Dies scheint nicht zur Erreichung des gewünschten Zweckes zu genügen, denn es übernimmt sein Antagonist, der *Obliquus superior* auch für ihn die Hemmung, da seine Hemmungsvorrichtung von zwei verschiedenen Seiten aus den fixen Punkt (die Trochlea) angreift. Die Fascienumhüllung, die sich von der Trochlea aus nach hinten auf den Muskelbauch des *Obl. sup.* fortsetzt, gehört, wie ein ausgeübter Zug am Muskel lehrt, zu seiner eigenen Hemmung. Die vordere Fascie hat sich bei dieser Bewegung leicht in Falten gelegt. Zieht man aber umgekehrt an der Insertion am Bulbus, ahmt man also die Bewegung, die der *M. obl. infer.* macht, nach, so spannt sich der vordere Theil der Fascie, welcher von der Trochlea aus die Sehne des *Obliqu. super.* überzieht, während sich nun der hintere Theil derselben faltet.

Der erste Entdecker der Kapsel des Bulbus beschrieb dieselbe unter dem Eindruck der Bichat'schen überall gefundenen Säcke ebenfalls als einen solchen, dessen eines Blatt die Periorbita, dessen anderes invertirtes Blatt die Kapsel sein sollte. Lange Zeit schlossen sich die Untersucher seiner Ansicht an und es wurde die Tenon'sche Kapsel als ein Ueberzug des Sehnerven, des Bulbus, und auch noch der Muskeln geschildert. Erst in neuerer Zeit hat sich die Erkenntniss Bahn gebrochen, dass man in der Kapsel keine eigentliche Hohlkugel, sondern nur, wie sich schon Henle geäussert hat, einen um den Bulbus gelegten vorn und hinten offenen Ring vor sich hat.

Die Fortsetzungen der Fascien der Augenmuskeln sind schon lange bekannt, wurden jedoch in ihrer Bedeutung bis jetzt noch nicht genügend gewürdigt.

---

[1] Ein einziges Mal sah ich einen sehr kräftigen Faserzug aus dem Septum orbitale an die Fascie des Obliquus inferior hinziehen.

Die einzelnen Fortsätze mit ihren muskulösen Einlagen fanden schon Beschreiber. So wird von BUDGE der mediale Zipfel der Fascie des *Lev. palp.* als *Tensor trochleae* genau geschildert, während HENLE die muskulösen Einstrahlungen in die Fascienzipfel beschreibt und abbildet. Auch dieser Forscher hat jedoch den Ansatz derselben am Knochen übersehen und lässt sie in seinem *Septum orbitale* endigen. Er kommt dadurch zu dem Glauben, dass man es nur mit einer Vorrichtung zur Vertiefung der Conjunctivalfalte zu thun habe.

Nur CRUVEILHIER hat in seinem Lehrbuch der descriptiven Anatomie bereits ausgesprochen, dass die Fascienblätter mit den Muskeln zu dem Zweck verbunden seien, um die Bewegungen in gewisse Gränzen einzuschränken. Er hat auch zwei Anheftungen, die der Fascienzipfel des *Lev. palp. sup.* und des *Rect. med.* sehr gut beschrieben, war aber mit den übrigen Insertionen nicht glücklich.

Die von BUDGE vorgeschlagene Trennung der Fascienblätter in eine *Fascia Tenoni*, *Fascia profunda* und *Fascia superficialis* scheint mir nicht nöthig zu sein, einmal da BUDGE selbst sagt sie hingen alle unter einander zusammen, und dann auch, weil ja, wie oben gezeigt der Schwerpunct der Fascienblätter in ihrem Zusammenhang mit den Muskeln liegt.

Varietäten der Augenmuskeln sind nur sehr selten beobachtet und ich setze deshalb sämmtliche, mir aus der Literatur bekannt gewordenen Fälle bei. Die ersten drei sind schon bei ZINN citirt, er sagt: »*Molinettus*, *Kulmus et Albinus alium memorant musculum gracillimum*, *comitem* (*obliqui*) *maioris*, *qui in ejus vaginam cellulosam evanescere videatur*, *quem numquam equidem vidi.*«

Auch BOCHDALEK beobachtet einen solchen *Gracillimus* der beiderseitig vorkam und noch mit einem Muskel, den er *Transversus orbitae* nennt, complicirt war, und die er im Allgemeinen folgendermaassen beschreibt. Der *M. anomalus transversus* entspringt an der medialen Seite des Augenhöhlendaches und endigt an deren lateraler Seite. Er zieht über den *Levator palpebr.* weg und liegt in der Gegend des Aequators des Bulbus. Rechts geht der *Gracillimus* zum grössten Theil in den *M. anom. transv.* über, nur wenige Fasern nach dem Augenlid sendend. Links entspringt der *Gracillimus* mit zwei Köpfen im Hintergrund der Orbita. Nach kurzem Verlaufe wieder in zwei Theile gespalten, geht die stärkere Hälfte zum *Anomalus*, in die Scheide des *Obliqu.* und in die Fascie, während die schwächere sich zur *Lamina papyracea* begibt und da inserirt.

MOSELEY beschreibt ferner einen Muskel, der in der Gegend der Naht des *Os zygomaticum* mit der *Ala temporal. oss. sphen.* entspringend im Bindegewebe der äusseren Augenwinkelgegend verschwindet.

Zuletzt sei noch erwähnt, dass STRANGEWAYS einen überzähligen *Obliquus* bei einem Esel fand, der an der medialen Augenhöhlenwand entspringend nach oben verlief, und sich mit der Sehne des *M. obliquus sup.* verband.

Von den Rectis ist bisher eine Varietät nicht bekannt geworden. Die angeführten beobachteten Fälle aber beschränken sich auf eine Verdoppelung des *Obliquus superior* und auf einige platte Muskelbündel, die augenscheinlich nur muskulöse Verstärkungen von Fascien bedeuten. —

V. Augenlider.

§ 26. Die äusseren Theile des Auges bestehen aus den Lidern und dem Thränenapparat. Obschon beide anatomisch und funktionell aufs innigste verbunden sind, so zeigen sie doch auf der anderen Seite wieder eine gegenseitige Abgränzung, welche genügt, um eine gesonderte Betrachtung zu verlangen. Ich wende mich zuerst zu den Augenlidern.

Die Augenlider, *Palpebrae*, bilden einen für sich bestehenden, gegen das Innere der Augenhöhle wohl abgegränzten Apparat. Sie sind von derselben geschieden durch eine Fascie, welche am *Margo orbitalis* angeheftet ist und sich einerseits in das Lid selbst hineinerstreckt, anderseits sich mit den oben besprochenen Fascien der Muskeln verbindet, wodurch ein Abschluss gebildet wird, welcher Geschwülsten und pathologischen Ergüssen im Innern der Orbita ganz bestimmte Gränzen und Wege anweist, die bei ihrer grossen Bedeutung für die Praxis eine genaue Beschreibung rechtfertigen. Die Fascie, welche den Namen *Septum orbitale* (Henle) [1]) führt, folgt bei ihrem Ansatz am Knochen dem Augenhöhlenrand, an dessen innerer Seite sie sich anheftet. Am unteren und oberen Orbitalrand ist der Ansatz im Ganzen sehr regelmässig, oben dadurch ausgezeichnet, dass drei Lücken zwischen Knochen und Fascie ausgespart bleiben, welche den Durchtrittsstellen von Nerven und Gefässen entsprechen. Es werden durch diese Lücken die beiden oben § 6. erwähnten *Incisurae supraorbitalis* und *frontalis* zu Löchern geschlossen. Am weitesten medianwärts, wo schon der Oberaugenhöhlenrand in den medialen Rand umbiegt, findet sich die dritte scharf begränzte Oeffnung, welche den anastomotischen Ast, der die *Vena ophthalmica superior* mit der *Vena angularis* verbindet, durchpassiren lässt. Der scharfe freie Rand der Fascie verdickt sich durch eingewobene Bündel an den genannten Stellen nicht unbeträchtlich und stellt so einen genügend kräftigen Schutz für die durchpassirenden Nerven und Gefässe dar.

An der lateralen Seite reicht der Ansatz der Fascie ganz dicht hinter den eigentlichen Rand zurück. Dieselbe ist hier unzertrennbar mit einem Bande verbunden, welches unten als *Ligamentum palpebrale laterale* beschrieben werden wird. Der Ansatz an der medialen Seite des Orbitaleinganges ist der bemerkenswertheste. Es fehlt hier, wie oben erwähnt, ein gut differenzirter Augenhöhlenrand und es geht die Seitenfläche der Nase ohne scharfe Gränze in die mediale Wand der Orbita über. An der Stelle, an welcher sich eigentlich der Rand befinden sollte, liegt hier der Thränensack und das ihn umgreifende *Ligamentum palpebrale mediale*, dessen hinterer Schenkel sich, wie unten genau beschrieben werden wird, an die *Crista lacrymalis posterior* (Fig. 33 *Clp*) ansetzt. Das *Septum orbitale* hält sich nun hier ebenso, wie an der lateralen Seite, an das *Ligamentum palpebrale* und zwar an dessen hinteren Schenkel, es weicht der Ansatz also sowohl von oben als auch von unten her allmählig zurück und setzt sich hinter der *Crista lacrymalis posterior* an, wie es durch die Linie in der umstehenden Fig. 33 angedeutet ist. Oben hält sich der Ansatz an eine rauhe Linie, welche dicht vor der Trochlea hinlaufend, das Ende des Oberaugenhöhlenrandes darstellt (Fig. 33 *), unten verlässt er den Augenhöhlenrand, um sich an der Umgränzung des Thränenkanales rückwärts zu wenden. Es bleibt also so der Thränenschlauch ausserhalb der Orbita im engeren Sinne und ist gegen den Inhalt derselben vollkommen fest abgeschlossen.

Von diesen Ansatzpunkten aus erreicht die Fascie den oberen Rand der Tarsi beider Lider und verwächst vollkommen fest mit denselben. Hinter den beiden

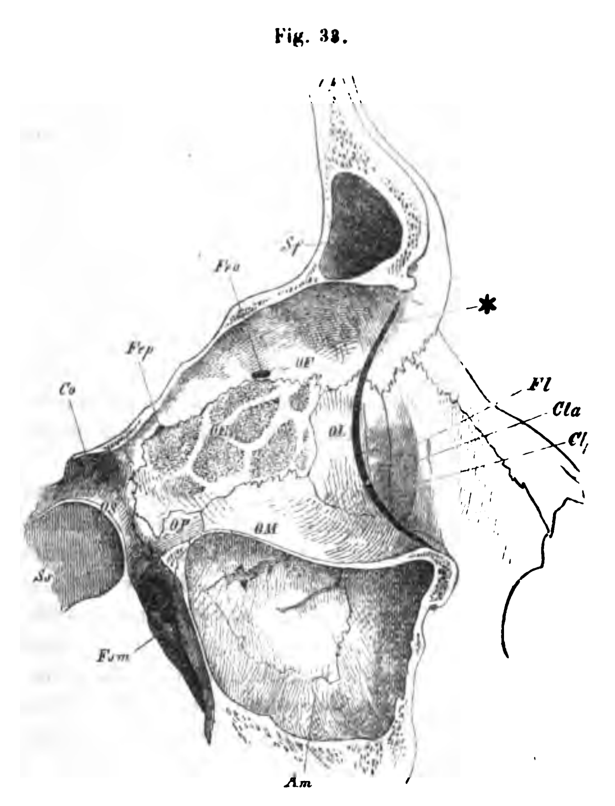
---

[1]) Synon. Fascia tarso-orbitalis. Der indifferente Namen »Septum orbitale« ist desshalb vorzuziehen, weil die Bezeichnung Fascia tarso-orbitalis nur einen beschränkten Theil der Anheftungspunkte bezeichnet.

Ligg. palpebralia, *mediale* und *laterale* erstreckt sie sich, mit beiden fest verwachsen, zu den Augenwinkeln.

Die oben erwähnten Fascienzipfel, welche von den Augenmuskeln aus zum Knochen hin verlaufen, verbinden sich da, wo sie an das *Septum orbitale* herantreten, aufs Innigste mit demselben und stellen so ein fest zusammenhängendes Ganzes dar. Man überzeugt sich von diesen Verhältnissen am besten, wenn man die Wände der Orbita wegnimmt und das in ihr enthaltene Fett mit dem Scalpellstiel entfernt. Von oben her kommt man dann in eine sanft ausgerundete Tasche, welche nach vorne vom *Septum orbitale*, nach dem Bulbus durch die mit einander verwachsenen Fascienzipfel des *M. levator palpebrae superioris* und *rectus superior* gebildet wird. Da wo beide Blätter zusammenstossen, liegt das Ende des Tarsus des oberen Lides. Beim unteren Lid ist das Verhältniss ganz das gleiche, hier stossen das *Septum orbitale* und der Fascienzipfel des *M. rectus inferior* zusammen, wie oben eine von Fett ausgefüllte Tasche bildend. Zu beiden Seiten bleibt nur wenig Platz, doch ist auch hier das Verhältniss nicht anders. Soll die Sache durch einen Vergleich noch deutlicher gemacht werden, so stellt das *Septum orbitale* in Verbindung mit den Fascienzipfeln den Schallbecher einer Trompete dar, in dessen Innerm der Bulbus ruht und an dessen nach vorne sehender Oeffnung die Augenlider befestigt sind. Geschwülste und Ergüsse, welche aus dem Innern der Augenhöhle hervordringen, werden also, wenn sie ausserhalb der Fascie liegen, stets zwischen dem Augenlid und dem Orbitalrand hervordringen müssen. Die Gegend der beiden Augenwinkel ist durch die Einlagerung der beiden *Ligamenta palpebralia* sehr fest und unnachgiebig, es kann hier die Fascie an der medialen Seite gar nicht, an der lateralen nur wenig vorgetrieben werden.

Fig. 38.



Mediale Wand der Augenhöhle. Der über das Thränenbein herablaufende dunkle, rückwärtsgebogene Strich stellt die Ansatzlinie des Septum orbitale an der medialen Orbitalwand dar. * Rauhe Knochenlinie, welche sich nach hinten gegen die Trochlea hinkrümmt und das Ende des Oberaugenhöhlenrandes darstellt. Die übrigen Bezeichnungen sind wie in Fig. 3.

Wenn Henle das *Septum orbitale* folgendermaassen beschreibt: »Das *Septum orbitale*

grenzt das Fett der Orbita nach aussen gegen *Conjunctiva* und die *Pars orbitalis* des *M. orbicularis oculi* ab; sie ist zwischen dem Rande der Orbita und dem Bulbus ausgespannt und sendet rückwärts Fortsätze in Form von Blättern, welche fest mit der Aussenfläche der geraden Muskeln verwachsen;« so ist dies nicht ganz richtig. Denn einmal hat das Septum mit dem Bulbus gar nichts zu thun, indem derselbe ganz durch die mit einander in Verbindung stehenden Fascienzipfel der Augenmuskeln umhüllt ist und dann sind die erwähnten Blätter, wie aus der oben gegebenen Darstellung der Muskelsehnen hervorgeht, zu diesen und nicht zum *Septum orbitale* zu zählen. Henle scheidet desshalb nicht scharf, weil ihm die Ansätze dieser Blätter am Knochen entgangen sind, durch welche allein sich ihre physiologische Function erklärt.

Hyrtl (topogr. Anat.) bezeichnet mit den älteren Beschreibern das *Septum orbitale* in Verbindung mit dem ganzen Muskelfascienapparat als Tenon'sche Kapsel, denn er sagt: »Sie ist an den ganzen Umfang des Orbitalrandes angeheftet, begibt sich von hier nach einwärts zum Bulbus, indem sie hinter den Befestigungsbändern der Augenlidknorpel und hinter der *Conjunctiva bulbi* sich nach innen fortsetzt.« Auch dieser Forscher hat übersehen, dass eine dreifache physiologische Wirkung besteht, die eine scharfe Dreitheilung des Fascienapparates verlangt. Die Tenon'sche Kapsel ist Pfanne des Augapfels, die Fascienblätter sind Hemmungsapparate der Muskeln und das Septum ist Scheidewand zwischen Orbitainhalt und Lidern.

Die Augenlider, welche sich in der eben beschriebenen Weise gegen das Innere der Augenhöhle abgränzen, entstehen bei der Embryonalentwickelung als zwei Hautfalten, welche sich an der oberen und unteren Seite des Gesichtstheiles des Bulbus bilden und sich soweit verlängern, bis sie mit ihren freien Rändern aufeinander treffen und so eine Querspalte begränzen, in welcher der Vordertheil des Bulbus sichtbar ist.

Sind die Lider und mit ihnen die Augenspalte geschlossen, so stellt die Gesichtsfläche des Sehapparates einen Sack mit aufeinander liegenden Wänden dar. Die vordere Wand wird von den Lidern gebildet, die hintere Wand von der Vorderfläche des Bulbus. Oben und unten geht mit einer scharfen Umbiegung die Haut des Lides auf den Augapfel über.

Dieser Verbindung beider Theile verdankt die Auskleidungshaut des Sackes den Namen Bindehaut, *Conjunctiva*.

Die Umbiegungsstelle nennt man Uebergangsfalte, *Fornix conjunctivae*. Die Oberfläche des Bindehautsackes hat, wie jede, in das Innere des Körpers eingestülpte Partie der Oberhaut den Character einer Schleimhaut angenommen, d. h. sie hat eine rothe Färbung, eine schlüpfrige Beschaffenheit und einen sammetartigen Glanz.

Die freien Ränder der Augenlider, welche die Lidspalte (*Fissura palpebrarum*) umgränzen, sind entweder gerade abgeschnitten und haben also eine scharfe vordere und hintere Kante [1]), oder es ist nur die hintere Kante scharf, während sich die vordere sanft abrundet oder endlich sind beide abgerundet, die hintere weniger als die vordere. Sie treffen am lateralen und medialen Ende der Spaltöffnung aufeinander und bilden hier durch ihre Verwachsung die beiden Augenwinkel (*Commissura palpebral. medial.* und *later.* [2]).

---

1) Limbus (labium) palpebr. ant. poster.

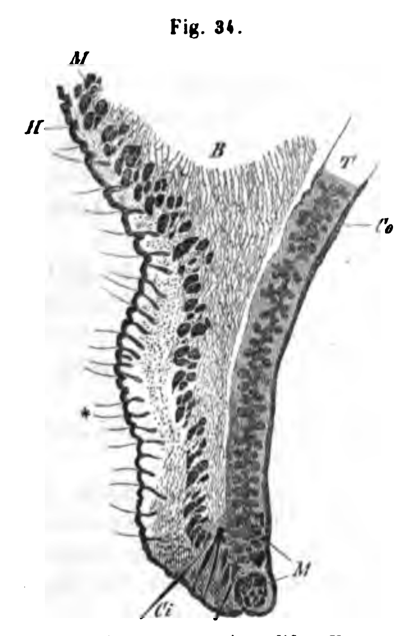
2) Synon. Canthus oculi externus, internus. C. o. temporalis, nasalis. C. o. minor, maior, Angulus oculi extern., intern.

Der laterale Augenwinkel ist nur eine spitzwinkelige Commissur ohne weitere Besonderheit, der mediale dagegen zeigt sich scharf gegen das eigentliche Lid abgesetzt und stellt eine ausgerundete Bucht dar, den Thränensee, *Lacus lacrymalis*, welcher auf dem Grund die rothe Färbung der Schleimhaut zeigt.

Die Stelle, an welcher der Lidrand im stumpfen Winkel in die Umgränzung des Thränensees umbiegt, ist durch eine kleine Hervorragung ausgezeichnet, die Thränenpapille, *Papilla lacrymalis*[1], auf deren Spitze sich eine kleine Oeffnung vorfindet, der Thränenpunkt, *Punctum lacrymale*, welcher in die Thränenwege hineinführt. In der Tiefe des Thränensees liegt eine kleine, etwas unregelmässige, Erhöhung, *Caruncula lacrymalis*, an seiner lateralen Seite ist der Thränensee abgeschlossen durch eine scharfe Falte, die *Plica semilunaris*,[2]) welche die Verbindung des *Fornix* der beiden Lider darstellt.

Der Abgränzung der Augenlider gegen die benachbarten Theile an ihrem angewachsenen Rand würde, da sich die Gesichtshaut continuirlich auf die Lider fortsetzt, Schwierigkeiten begegnen, wenn nicht oben ein behaarter Hautwulst, die Braue, *Supercilium*, unten eine Falte, die Wangenlidfurche (ARLT) eine genauere Bestimmung erlaubten.

Fig. 34.



Durchschnitt des oberen Augenlides. Vergr. 5. *Co* Conjunctiva palpebr. *T* Tarsus, eine Tarsaldrüse enthaltend. *B* Unterhautbindegewebe. *M* Querschnitt der Bündel des Muscul. orbicular. oculi. *H* Aeussere Haut. *Ci* Cilien. * Wollhaare der Lidhaut, aus den Runzeln derselben hervorkommend.

Die Braue liegt in gleicher Höhe mit dem Oberaugenhöhlenrand, die Wangenlidfurche dagegen höher als der Unteraugenhöhlenrand. es ist demnach das obere Augenlid grösser als das untere. Nach RICHET's Messungen ist das obere Augenlid vom freien Rand bis zum *Fornix conjunctivae* gemessen 22 — 25 Mm. hoch, das untere dagegen um die Hälfte kürzer (11 — 13 Mm.)

Wenn schon die Haut der Lider sich direct aus der Stirn und Wange fortsetzt, so ist sie doch gegen die übrige Gesichtshaut durch ihre ganz besondere Feinheit ausgezeichnet. Ferner ist bemerkenswerth, dass sie nur mit spärlichen und sehr feinen Wollhaaren besetzt ist, so dass sie ältere Beobachter, welche sich bei ihren Untersuchungen des Mikroscopes nicht bedienten, für gänzlich haarlos erklärten (Fig. 34*).

Die Lidhaut zeigt bei erwachsenen Individuen viele Runzeln, welche hauptsächlich eine transversale Richtung haben und auch beim Schluss der Lider nicht völlig verstreichen (Fig. 34). Sie sind auf die stete Faltung zurückzuführen, welche die Haut beim Lidschlag erleidet. Im hohen

1) Synon. Tuberculum lacrymale.
2) Synon. Palpebra tertia, Membrana nictitans.

Alter gesellen sich zu diesen immer mehr vergrösserten transversalen Falten noch viele kleine verticale Fältchen, welche jene verbinden und dem Lid ein eigenthümlich welkes Ansehen geben.

Das Unterhautbindegewebe der Lider ist ebenfalls insofern von dem der Stirn und Wange verschieden, als es ganz besonders locker und dehnbar ist, so dass man die Haut in hohen Falten aufzuheben vermag. Pathologische Einlagerungen in dasselbe wie Hydrops, Extravasate und dergl. wulsten deshalb auch die Lidhaut oft in excessiver Weise auf, und können dadurch die Oeffnung der Lider sehr erschweren, oder gänzlich verbieten. Besonders ausgezeichnet ist das Unterhautbindegewebe dieser Stelle ferner dadurch, dass eine Fettablagerung hier niemals vorkommt. Nur an den am meisten peripherisch gelegenen Theilen der Lider zeigen sich zuweilen im Verlauf der Gefässe und Nervenstämme einige wenige, kaum sichtbare Fettzellengruppen.

Wäre die Lidhaut eine ganz einfache Duplicatur, wie es am *Praeputium* vorkommt, so würde das Unterhautbindegewebe der äusseren Platte mit dem der inneren Platte zusammenfliessen. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern es werden beide Platten in ihrer ganzen Ausdehnung durch die unten näher zu beschreibende Ringmuskulatur auseinandergehalten (Fig. 34 *M*). Am freien Theil der Lider lagert sich überdies zwischen Muskulatur und Conjunktivalplatte des Lides eine feste bis zu 1 Mm. dicke Scheibe, der *Tarsus*, ein, welche die Form des Lides wiederholend, als stützendes Gerüst die Festigkeit des Lides erhöht, und seine Form erhält[1]) (Fig 34 *T*).

Der *Tarsus* besteht aus sehr dicht verfilztem Bindegewebe und nicht aus Knorpel, wie man früher glaubte. Er ist mit der Umgebung so innig verbunden, dass es unmöglich ist, ihn vollkommen frei zu präpariren. Besonders ist er mit der unterliegenden Conjunctivalplatte so fest verwachsen, dass eine Trennung nur künstlich gelingt.

Präparirt man die beiden *Tarsi* so rein, als es geben will, dann findet man zwei myrthenblattförmige nach der Form des Lides gebogene Gebilde mit einer medialen stumpferen und einer lateralen schärferen Spitze. Der angewachsene Rand ist convex gebogen, der freie Rand des unteren *Tarsus* ganz gerade, oder sogar leicht concav, derjenige der oberen Bandscheibe entweder ebenfalls gerade oder ein wenig convex.

Dadurch, dass der convexe Bogen des festgewachsenen Randes der oberen Bandscheibe steil ansteigt, wird dieselbe bis zu 9 Mm. hoch, während der sehr flache Bogen der unteren Bandscheibe, entsprechend der Configuration des ganzen Lides bedingt, dass sie nur die Hälfte der Höhe des oberen *Tarsus* erreicht.

Die Länge der beiden *Tarsi* beträgt 20 Mm., ihre Dicke 0,8 — 1 Mm.

In der Substanz der *Tarsi* befinden sich die Tarsaldrüsen[2]), welche dicht neben einander in einer einzigen Reihe liegen und die Höhe der ganzen Bandscheibe einnehmen. (Fig. 35.) Sie sind also in der Mitte des Lides am höchsten, zu beiden Seiten kleiner. Die mittleren sind gerade gestreckt, je weiter sie zur Seite stehen, um so schiefer wird ihre Lage und um so mehr

[1]) Henle unterscheidet den die Bandscheibe führenden Theil des Lides als Tarsaltheil, während er den dem Orbitalrand zugekehrten Rest als Orbitaltheil bezeichnet.

[2]) Synon. Meibom'sche Drüse, Glandulae sebaceae.

Hört der Tarsus auf, dann ändert sich auch die Conjunctivalschleimhaut. Das Epithel wird auf der ganzen Oberfläche cylindrisch, die kleinen Fältchen der Tarsalgegend glätten sich und es treten grosse Falten auf, welche beim Oeffnen der Lider in circulärer Richtung den Bulbus umkreisen.

Die Oberfläche der Schleimhaut erscheint entweder ganz glatt, und dies ist meistens der Fall, oder sie zeigt kleine, etwas unregelmässige Hervorragungen, welche Gefässpapillen entsprechen.

Im Fornix und seiner nächsten Umgebung liegen ferner drüsige Gebilde, welche aber erst sichtbar werden, wenn man die Schleimhaut vorsichtig abgelöst, oder mit Säure durchsichtig gemacht hat. Oft auch vermisst man sie ganz, wenn sie zu klein sind, um makroskopisch sichtbar zu werden, oder wenn sie vollständig fehlen. Die eine Art von Drüsen ist den Thränendrüsen ganz gleich gebaut, sie werden auch accessorische Thränendrüsen (Henle) genannt. Sie erreichen selten oder niemals die Grösse eines halben Millimeters. Im submukösen Bindegewebe des Fornix vom oberen Augenlid am häufigsten, sind sie besonders in der Nähe der eigentlichen Thränendrüse in grösserer Zahl (bis zu 20 angehäuft. Am unteren Lid kommen sie nur spärlich vor, oft werden sie hier ganz vermisst. Die zweite Art drüsiger Gebilde sind Lymphfollikel, die den solitären Drüsen des Darmes an Gestalt nicht unähnlich, doch kleiner sind. Sie stehen an den verschiedensten Stellen der Conjunktiva, vereinzelt oder in Gruppen. Oft werden sie auch gänzlich vermisst, oft dagegen erreichen sie auch eine so beträchtliche Grösse, dass sie den Peyerschen Follikeln vollständig gleichen.

In der Jugend fehlen sie ganz und sind hier nur in ihren Anfängen angedeutet (Schmid). Deshalb und weil sie beim Erwachsenen so sehr vielen Variationen unterworfen sind, werden sie von einer Anzahl von Forschern als pathologische Gebilde angesprochen (Stromeyer, Blumberg, Wolfring).

Die *Conjunctiva bulbi* zeigt für gewöhnlich keine Falten, doch ist sie mit ihrer Unterlage locker genug verbunden, um das Aufheben einer Falte mit der Pincette zu erlauben. Das Bindegewebe der Conjunctiva hört an dem Rande der Cornea auf. Diese letztere wird nur von dem Epithel derselben überzogen. Da die Conjunktiva bei älteren Personen gewöhnlich mit einem sichtbaren Wulst am Cornearand abschliesst, so nennt man diese Stelle *Limbus conjunctivae* [1]. Hier sieht man im späteren Alter auch nicht selten eine kleine Menge Fett, entweder im ganzen Umkreis der Cornea oder nur an einzelnen Stellen auftreten, was deshalb besonders merkwürdig ist, da die Conjunctiva sonst im Allgemeinen fettlos zu sein pflegt.

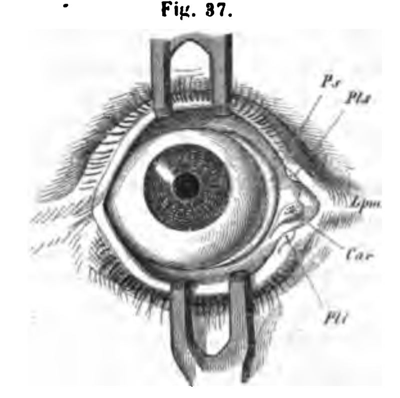
Es bedarf nun noch der *Fornix conjunctivae* einiger Worte. Die Drüsen, welche hier ihren Platz haben, wurden vorhin schon erwähnt, ebenso die Falten, welche sich hier beim Oeffnen der Lider bilden. Neben diesen vergänglichen Circularfalten, welche in Beziehung zur Bewegung der Lider stehen, findet sich noch eine bleibende, welche auch beim Lidschluss nicht verstreicht, und die Substanz genug hat, um der Conjunktiva zu ermöglichen, allen Bewegungen des Augapfels nachzugeben, ohne eine Zerrung zu erleiden. Beim Auseinanderziehen der Lider mit stumpfen Haken (Fig. 37) wird sie sichtbar. Sie läuft im Kreis um den ganzen Augapfel herum, ist jedoch an der medialen Seite am stärk-

[1] Annulus conj.

sten. Im ganzen Umkreis ist sie von den Lidern bedeckt und bei normal geöffnetem Auge nicht zu sehen, bis auf eine einzige Stelle, am medialen Augenwinkel. Dieser letztere reicht so weit zurück und ist durch seine ausgerundete Gestalt so klaffend, dass hier die Circularfalte als *Plica semilunaris* (*Ps*) sichtbar wird. Sie gränzt die *Conjunctiva bulbi* gegen den Thränensee ab.

Auf der äusseren (medialen) Seite der *Plica s.* befindet sich, wie oben kurz erwähnt, die *Caruncula lacrymalis*. Sie ist platt hügelförmig gestaltet und hat die Form eines Keiles. Das stumpfe abgerundete Ende liegt mitten im Thränensee und ist am geöffneten Auge zu sehen. Das zugespitzte Ende verbirgt sich unter dem untern Augenlid und senkt sich zuletzt in die Circulärfalte ein (Fig. 37).

Fig. 37.



Augenlider mit stumpfen Haken auseinandergezogen. Gebilde des medialen Augenwinkels und des Fornix. *Ps* Plica semilunaris. *Pls*, *Pli* Punctum lacrymale sup. und inf. *Car* Caruncula lacrym. *Lpm* Ligamentum palpebrale mediale.

Die Oberfläche der Carunkel ist zwar ebenso spiegelnd, wie die Conjunktiva überhaupt, doch von etwas höckerigem Ansehen. Es kommt dies daher, dass aus ihrer Oberfläche wenige (13 – 15) und sehr zarte, kaum sichtbare Härchen heraufragen. Sie sind mit verhältnissmässig grossen Haarbalgdrüsen versehen, die man noch mit blossem Auge als weisse Punkte erkennen kann. Die Verdickung der Carunkel wird durch ein hier liegendes kleines Fettpolster hervorgerufen.

Die *Augenbrauen* bilden den Abschluss des Lidapparates nach der Stirne zu. Sie haben den Zweck das Auge zu beschatten und von oben her Kommendes aufzufangen. So halten sie ja bekanntlich den über die Stirne fliessenden Schweiss vom Auge ab.

Sie bilden aufwärts convexe, abwärts concave Bogen, welche auf dem Oberaugenhöhlenrand liegen.

Doch beschreiben sie um denselben gewissermaassen eine langgezogene Spirale, indem der mediale Theil ganz wenig unter ihm, die Mitte genau auf ihm und das laterale Ende etwas über ihm liegt.

Die Haut der Braue ist etwas verdickt und es inseriren sich in dieselbe Bündel vom *M. orbicularis oculi* und vom *M. frontalis*, welche eine Bewegung derselben ermöglichen.

Die Brauenhaare gleichen in Form und Ansehen ganz den Cilien, doch sind sie meist etwas dünner und länger als diese. Sie pflegen am zahlreichsten und stärksten in der Gegend über dem medialen Augenwinkel zu sein, werden lateralwärts allmählig immer kleiner und spärlicher [1], bis sie in der Gegend der *Sutura zygomatico-frontalis* gänzlich verschwinden.

Weder Lage noch Fülle der Brauen ist constant. Der Bogen, in welchem sie über dem Auge liegen, ist das einemal gewölbter, das anderemal flacher, doch hängen die Verschiedenheiten meist mit Verschiedenheiten des Orbitalrandes zu-

[1] Caudae superciliares.

sammen. Beim weiblichen Geschlecht ist Braue und Augenhöhlenrand stark geschwungen, beim männlichen flacher.

Die mittlere Fülle der Brauen von der Gegend über dem inneren Augenwinkel bis zur *Sut. zygomatico-frontal.* wird oft nach der einen oder anderen Seite hin überschritten. Oft findet man die Brauenhaare sehr schwach entwickelt, und es fehlt der laterale, schon normalerweise schwächere Theil öfter ganz. Bei Leuten von hochblonder Complexion fehlen sogar manchmal sämmtliche stärkeren Brauenhaare. In anderen Fällen dagegen sieht man die Brauen auch nach beiden Seiten über ihr gewöhnliches Maass verlängert. Am häufigsten verstärkt sich dann die mediale Seite, so dass auch die sonst unbehaart bleibende Stelle über der Nase (*Glabella*) von starken Brauenhaaren besetzt ist. Dieselben können sich selbst in der Mittellinie berühren und hier mit einem besonders starken Haarbüschel zusammenkommen[1]. Verlängert sich dann die Braue auf der lateralen Seite, so thut sie das nicht als compakter Wulst, sondern die steifen Haare zerstreuen sich vom eigentlichen Ende der Braue radienförmig ausstrahlend auf der Schläfengegend.

Oft findet man einzelne Haare weit über die anderen herausragen (Darwin), eine Erinnerung an die langen Brauenhaare der Thiere.

Die Richtung der Brauenhaare ist im allgemeinen nach der lateralen Seite hin; zugleich convergiren sie so, dass sich die untersten Haare etwas aufwärts, die obersten abwärts wenden. Am medialen Ende richten sich die Haare mehr und mehr auf, so dass die letzteren gerade nach vorn sehen. Wachsen die Brauen auf der Glabella zusammen, so convergiren sogar die der Mittellinie zunächst liegenden Haare nach derselben zu.

Von der Farbe kann dasselbe gelten, was von der der Cilien gesagt ist. Doch kommt es öfters vor, dass die Farbe des Haares bedeutend heller ist, als die der Brauen und es bilden ja dunkle Brauen bekanntlich eine sehr geschätzte Eigenschaft an Blondinen.

Entgegengesetzt der allgemein angenommenen Ansicht wurde oben bei Betrachtung der Lidränder erwähnt, dass die innere Kante derselben meist scharf sei, während die äussere sich abrunden könne. Es gründet sich dieser Ausspruch auf eine grosse Anzahl von Beobachtungen an lebenden Augenlidern, und es muss also von der bisherigen Darstellung abgewichen werden.

Dass bei einer solchen Configuration der Lidränder von denselben kein Kanal für die Ableitung der Thränenflüssigkeit beim Schluss der Lider gebildet werden kann, ist selbstredend.

§ 27. Die Muskeln der Augenlider haben die Wirkung, die Lidspalte zu erweitern und zu verengern. Bei der Erweiterung muss das obere Lid gehoben, das untere gesenkt werden. Bei dem oberen geschieht die Hebung mittelst Muskelwirkung durch den nach Ursprung und Verlauf schon ausführlich beschriebenen *M. levator palpebrae superioris.* Derselbe greift mit seiner Insertion den ganzen oberen Rand des Tarsus an, mit dessen Fasern sich die Sehne vollkommen verwebt. Er hebt den Tarsus und damit das obere Augenlid, dasselbe über die Wölbung des Bulbus nach oben und hinten in die Augenhöhle zurückziehend.

Das untere Lid ist zum Zweck seiner Abwärtsbewegung nicht mit Muskula-

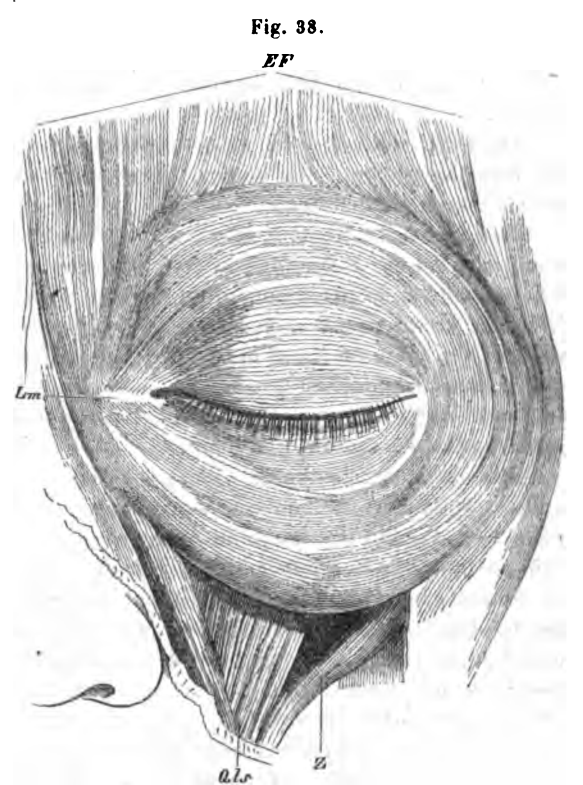
[1] Synophrys.

tur versehen, es genügt seine eigene Schwere, um es soweit herabsinken zu lassen, als zur Oeffnung der Lidspalte nöthig ist.

Forcirt man das Oeffnen der Lidspalte, »reisst man das Auge auf«, so wirken die umliegenden Muskeln nicht zur Erweiterung mit, sondern der *Levator palpebrae superioris* macht noch eine letzte Anstrengung, wie man leicht vor dem Spiegel constatiren kann. Die Muskulatur der Umgebung hat hierbei keine andere Wirkung als die, den Brauenwulst in die Höhe zu ziehen und dadurch das obere Lid freier zu machen.

Das untere Lid trägt nicht weiter zur Eröffnung der Lidspalte bei, sondern wird im Gegentheil beim forcirten Oeffnen des Auges durch seinen Zusammenhang mit dem oberen Lid an beiden Augenwinkeln unbedeutend gehoben und ausserdem an der medialen Commissur noch besonders durch die hier inserirte Stirnmuskulatur aufwärts gezogen.

Fig. 38.



M. orbicularis oculi der linken Seite nebst den umliegenden Muskeln präparirt. *Lm* Ligamentum palpebrâle mediale. *EF* M. epicranius frontalis. *Qls* M. quadratus labii superioris. *Z* M. zygomaticus.

Der Schliessmuskel der Lidspalte, *M. orbicularis oculi*, ist eine platte, kreisförmige Muskellage, in der grössten Ausdehnung sehr dünn und blass erscheinend. Er übertrifft den Umkreis der knöchernen Orbita an Breite. Doch liegt das Centrum des Kreises, welchen seine Bündel beschreiben nicht im Mittelpunct der Lidspalte, sondern etwas lateralwärts, oder mit anderen Worten, er überragt den Orbitalrand an der lateralen Seite mehr als an der medialen. Die äussersten Bündel bleiben nicht im eigentlichen Kreisverlauf, sondern biegen centrifugal ab, um sich mit den nächstliegenden Muskeln zu vereinigen, oder sich in der Haut und Fascie zu verlieren. (Fig. 38.)

Obgleich der *M. orbicularis* bei einigermaassen kräftigen Individuen eine ununterbrochene Lage ohne erhebliche Zwischenräume zwischen den Bündeln bildet, kann man doch nach Ursprung, Lage und Insertion drei verschiedene Abtheilungen unterscheiden. Dieselben werden von Henle *M. palpebrales* (*sup.* und *infer.*), *M. orbitalis* und *M. malaris* genannt.

Auch hier kommen, wie nirgends bei kreisförmigen Schliessmuskeln, wirk-

lich zum Kreis geschlossene, in sich zurückkehrende Muskelbündel nicht vor sondern stets bilden dieselben nur Bogen, die an einer Stelle des Kreises beginnen, an einer anderen endigen. Ursprung und Insertion vertheilen sich je nach der topographischen Lage der einzelnen Bündel in verschiedener Weise. Die peripherischen Bündel entspringen in ihrer grössten Menge am Knochen in der Umgebung des medialen Orbitalrandes und inseriren sich nach einem mehr oder weniger vollständigen Kreisverlauf entweder ebenfalls am Knochen oder in der Haut, oder sie biegen auch, wie erwähnt, in andere Muskeln um. Die mehr central gelegenen, der Lidspalte näheren Bündel aber, welche einen kleineren Kreis beschreiben, als die Umgränzung der knöchernen Orbita, bedienen sich eines sehnenglänzenden Bandes am medialen Augenwinkel als Ursprungsstelle und inseriren sich nach halbkreisförmigem Verlauf an eine verfilzte Bindegewebsmasse, welche vom lateralen Augenwinkel ausgehend, zum lateralen Orbitalrande sich erstreckt.

Da der Orbitalrand schon beschrieben ist, bedürfen nur die beiden sehnigen Insertionsstellen, die beiden *Ligamenta palpebralia, mediale* und *laterale*, einer näheren Betrachtung.

Das *Ligamentum palpebrale mediale* (Fig. 38 *Lm.*) stellt, wie es schon Henle beschreibt, einen Sehnenbogen dar, welcher am *Processus frontalis* des Oberkiefers etwas mehr als 1 Cm. unter seinem Stirnende entspringt, über das obere Ende des Thränensackes im Bogen nach dem Inneren der Augenhöhle verläuft und an dem hinteren Rand dieses Organes sich an die *Crista lacrymalis posterior* ansetzt. Der vordere (Ursprungs-) Schenkel des Bandes hat eine Breite von 3—4 Mm., der hintere (Insertions-) Schenkel verbreitert sich durch fächerförmige Ausstrahlung der Fasern auf das Doppelte.

Der vordere Schenkel ist auch am Lebenden leicht durch die Haut zu sehen, bei mageren Individuen ohne weiteres, bei Leuten mit stärkerer Fettansammlung, wenn man das Lid am lateralen Augenwinkel fasst und nach aussen und oben zieht, wodurch das *Ligamentum palpebrale mediale* angespannt wird. Er stösst mit seinem oberen Rande an die Kuppel des Thränensackes und verschmilzt vollständig mit dem Gewebe desselben. Mit seinem unteren Rand weicht dieser vordere Schenkel nach vorne aus, so dass zwischen ihm und dem Thränensack ein spitzwinkeliger Raum, die Spitze nach oben gekehrt, entsteht, aus welchem Muskelfasern hervorkommen.

Der hintere verbreiterte Schenkel, welcher erst sichtbar wird, wenn man die mediale Wand der Augenhöhle freilegt, inserirt sich, wie erwähnt, an die dem Thränenbein angehörige *Crista lacrymalis posterior*.

Er verwächst nirgends ganz fest mit dem Thränensack, sondern es bleibt zwischen beiden eine Lage lockeren Bindegewebes, welches sie verbindet.

Am besten kann man diese Verhältnisse constatiren, wenn man durch den oberen Rand oder die Mitte des *Ligam. palp. med.* einen Horizontalschnitt führt, welcher den Schädel in eine obere und untere Hälfte theilt. Zieht man an einem solchen Präparat das Lid nach dem lateralen Augenwinkel hin, so sieht man, dass sich ein Dreieck bildet, dessen Basis von der *Fossa lacrymalis* des Knochens, dessen beide Schenkel vom *Lig. palp. med.* gebildet werden. Der Thränensack füllt das Innere des Dreieckes nicht vollständig aus und folgt bei der Bewegung des Ligamentes dessen vorderem Schenkel. Durch den Zwischenraum, der zwi-

schen ihm und dem hinteren Schenkel des Bandes bleibt, ist er in jeder Stellung vor Druck geschützt.

Das *Ligamentum palpebrale laterale* ist kein scharf begränztes Band mit sehnigem Glanze wie das mediale Ligament, sondern stellt eine härtere, verfilzte Bindegewebsmasse dar, ähnlich den sehnigen Inscriptionen, wie sie an einer Reihe anderer Muskeln vorkommen. Es beginnt am lateralen Augenwinkel und setzt sich am lateralen Augenhöhlenrand, öfters auch unmittelbar hinter ihm an der lateralen Wand der Augenhöhle an.

Warum Henke, R. Maier und Arlt in ihren später als Henle's Darstellung erschienenen Arbeiten das *Lig. palp. med.* noch in alter Weise auffassen, ja sogar zum Theil gegen die neue Beschreibung polemisiren, ist mir unverständlich geblieben. Ein jeder Horizontalschnitt in der oben beschriebenen Weise geführt, genügt, um die Richtigkeit der Henle'schen Beschreibung unwiderleglich darzuthun.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der 3 Abtheilungen des *M. orbicularis oculi.*

Die am centralsten gelegenen Theile des Muskels, die beiden *Mm. palpebrales*, welche auf den Lidern selbst liegen, entspringen vom *Lig. palpebrale mediale* in seiner ganzen Ausdehnung. Sie theilen sich nach ihrem Verlauf in 2 Schichten, eine oberflächliche und eine tiefe. Die erstere nimmt ihren Ursprung von dem vorderen Schenkel des *Lig. palpebr. med.* und zwar so, dass die Fasern für das obere Lid vom oberen Rand des Bandes und vom Thränensack entspringen, die für das untere Lid bestimmten Bündel dagegen aus dem spitzwinkeligen Raum hervorkommen, dessen vordere Wand das Ligament, dessen hintere Wand der Thränensack darstellt. Die Fasern, die so entspringen, vertheilen sich in der Art über die Aussenfläche der Lider, dass die lateralsten, dem Augenwinkel zunächst liegenden, dem freien Rand sich am meisten nähern, ohne ihn jedoch vollständig zu erreichen, während die übrigen Bündel je weiter medianwärts sie entspringen, um so weiter peripherisch verlaufend sich den beschriebenen Fasern anreihen. Am lateralen Augenwinkel nach einem mehr oder weniger gewölbt bogenförmigen Verlauf angelangt, endigen die beiden *M. palpebr.* sich entgegenkommend am *Lig. palp. med.* Von einem nicht unbeträchtlichen Theil der oberflächlichen Partie des *M. palpebr.*, der das laterale Band nicht erreicht, unten mehr.

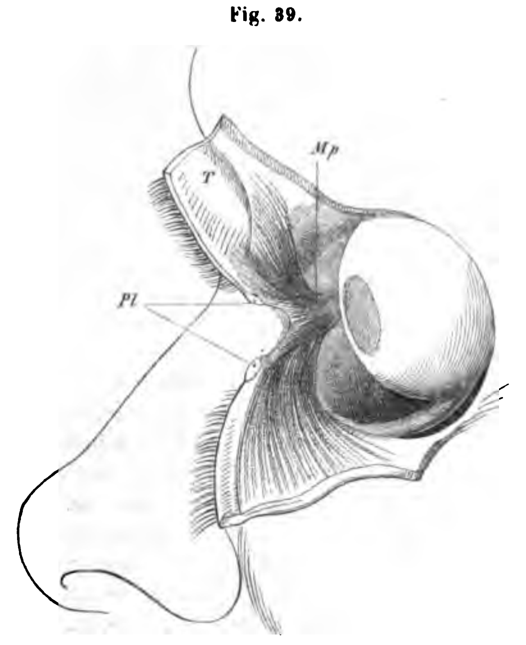
Die tiefe Schichte des Lidkreismuskels, welche einen ähnlichen Verlauf hat, wie die oberflächliche, entspringt in zwei hintereinander liegenden Bogen, die sich in ihrem Verlauf, wie zwei Blätter eines aufgeschlagenen Fächers neben einander legen und zwar so, dass die weiter vorne entspringenden Bündel dem freien Lidrand entfernter, die weiter rückwärts entstehenden demselben näher zu liegen kommen. Die hintersten Fasern sind die zahlreichsten und wichtigsten.[1]) Sie nehmen ihren Ursprung nicht allein von dem verbreiterten hinteren Schenkel des medialen Lidbandes, sondern greifen rückwärts über dasselbe hinaus und entstehen noch von dem Thränenbein eine kurze Strecke hinter der oberen Hälfte der *Crista lacrymal. poster.* (Fig. 39.). Die Fasern halten sich in ihrem Verlauf so dicht wie möglich an den freien Lidrand, die letzten Bündel liegen sogar in

---

1) Horner'scher Muskel, M. sacci lacrymalis, M. tensor tarsi autor., M. lacrymalis poster. Henke.

diesem selbst. Es beanspruchen die Bündel dieser Portion deshalb eine besondere Beachtung, weil sie in ihrem Anfangstheil die Thränenröhrchen, die dem freien Lidrand zunächst verlaufen (Fig. 39 *Pl*), mit einer Hülle von Längsmuskulatur umziehen, die für die Bewegung der Thränenflüssigkeit nicht unwichtig erscheint. Die weiter vorne, dem Gipfel des Bogens, den das Lidband bildet, zunächst liegenden Fasern, die nur wenige Bündel bilden, schliessen sich dem oberen Rand der hinteren Partieen an und bilden das verbindende Mittelglied zwischen den Fasern des vorderen und des hinteren Schenkels, indem sie sich in ihrem weiteren Verlauf mit beiden vermischen und so zuletzt mit denselben an das *Lig. palp. laterale* gelangen. (Fig. 39.)

Fig. 39.



Die Augenlider sind durch einen Verticalschnitt in der Mitte getheilt, das obere ist nach oben das untere nach unten abgezogen. Die Innenseite beider Lider liegt vor. Conjunctiva, Fascie und Bindegewebe sind bis hinter die Crista lacrymalis posterior abgenommen, um den hinteren Ansatz des M. palpebralis zu zeigen. *Mp* Ursprung des M. palpebralis. *Pl* Thränenpunkte von Muskelfasern umsäumt. *T* Tarsus des oberen Augenlides.

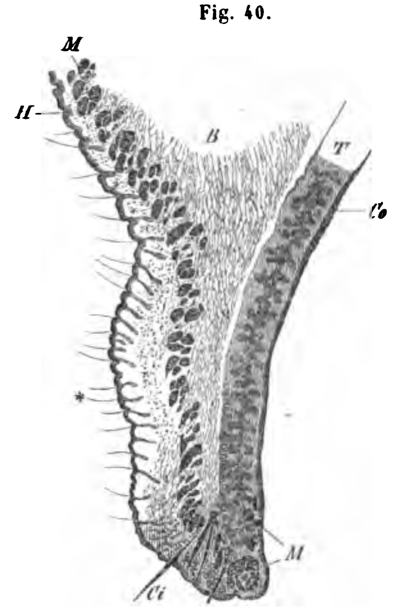
Ebenso, wie die oberflächliche Portion eine Anzahl von Bündeln mit sich führt, die wir bemerkt, das laterale Lidband nicht erreichen, so gehören auch der tiefen Portion dergleichen Fasern an. In beiden Fällen sind es die der Oberfläche des Lides zunächst liegenden Bündel, welche hierher gehören. Was zuerst die Bündel der tiefen Portion anlangt, so verlieren sich an beiden Lidern so viele Fasern in der Schleimhaut der Conjunktiva hinter dem Tarsus (Fig. 40), dass ihre Präparation auch makroskopisch möglich ist. Auch die beide Thränenröhrchen umgebenden Fasern endigen an deren freier Mündung. (Fig. 39.)

Die Bündel der oberflächlichen Portion, welche das *Lig. palpebrale mediale* nicht erreichen, gehören ausschliesslich dem unteren Lid an. Hier strahlt eine nicht unbeträchtliche Zahl von Bündeln, sich fächerförmig ausbreitend, und lateral und abwärts ziehend, in die Haut der Wange aus (Fig. 41.*). Dieser bis jetzt gänzlich unbeachtet gebliebene Theil des Lidmuskels tritt bei der Bewegung des Blinzelns vorwiegend in Funktion. Bei diesem Vorgang wird bekanntlich das untere Lid nicht unbeträchtlich gehoben und jede Betrachtung vor dem Spiegel lehrt, dass sich zugleich diejenige Hautpartie, in welche sich die erwähnten Muskelbündel verlieren, in kleine, gleichsam gekräuselte Fältchen legt, was den für das Blinzeln so charakteristischen Gesichtsausdruck hervorbringt und was den eigentlichen *M. palpebralis inferior* in der Hebung des Lides selbst unterstützt. Im späteren Alter pflegen diese kleinen Fältchen überhaupt nicht mehr vollstän-

lig zu verstreichen, so dass die Wangenhaut unter dem medialen Augenwinkel auch bei normal geöffneter Lidspalte von einer grossen Menge kleiner Fältchen durchfurcht erscheint.

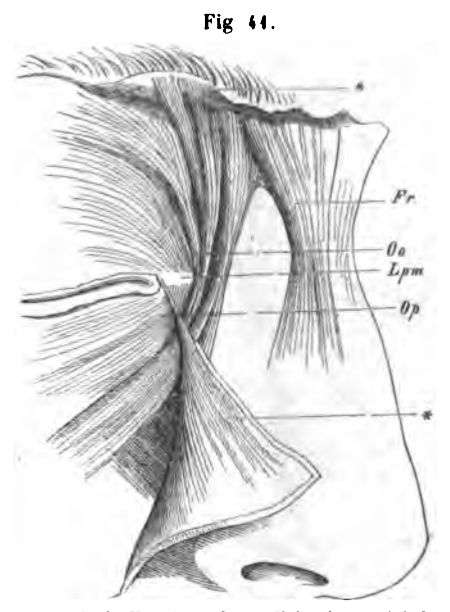
Der *M. orbitalis*, welcher sich unmittelbar an den *M. palpebralis* anschliesst, ist an der Nasenseite in grösserer Ausdehnung unterbrochen. Er setzt sich an dem Stirnbein und *Processus frontalis* des Oberkiefers einerseits und an dem Unteraugenhöhlenrand, der dem Körper des Oberkiefers angehört, andererseits, fest und bildet so gesondert Ursprünge für die Portionen des oberen und unteren Lides.

Fig. 40.



Durchschnitt des oberen Augenlides (Vergr. 4.) *M* Durchschnitt der Bündel des M. orbicularis oculi. Am freien Rand drängen sie sich zwischen den Cilien *Ci* durch. Ein starkes Bündel liegt im Rande selbst, mehrere kleine befinden sich auf der Conjunktivalseite hinter dem Tarsus *T*. Die übrigen Bezeichnungen s. Fig. 34.

Fig 41.

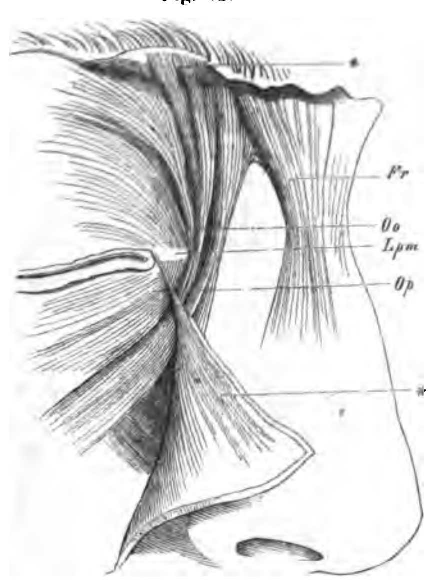


Muskeln in der Umgebung des medialen Augenwinkels. Die Haut der Brauengegend und der Wange ist zurückgeschlagen. *Lpm* Ligamentum palpebrale mediale. *Oo* M. orbicularis orbitalis des oberen Lides; er setzt sich unter der zurückgeschlagenen Wangenhaut auf das untere Lid fort. *Op* M. orbicularis palpebralis des unteren Lides. * Muskelbündel, welche den Kreisverlauf verlassend, sich an der Haut inseriren. Oben sind es Bündel des M. orbicularis orbitalis, welche in den Brauenwulst, unten solche des M. orbicularis palpebralis infer., welche in die Wangenhaut ausstrahlen. *Fr* Medialste Bündel des M. frontalis.

Der Ursprung der Portion für das obere Lid beginnt dicht über dem *Ligamentum palpebrale mediale*, von welchem selbst die erste Zacke noch Fasern erhält. Die übrigen Bündel haben ihre Insertion auf einem dreieckigen Feld, welches nach oben begränzt wird durch den Augenbrauenwulst des Stirnbeines, nach dem Innern der Orbita durch eine rauhe Firste, welche das Ende des Oberaugenhöhlenrandes darstellt (vergl. Fig. 33 *) und ziemlich dicht vor der Trochlea nach dem Thränenbeinkamm zu sich nach hinten krümmt. Nach der Mittellinie hin ist die Begränzung nicht scharf, sondern hier hören die Fasern gegen die

Höhe des Nasenrückens allmählig auf. Das ganze Ursprungsfeld wird auch Fasern des *Musc. frontalis* als Insertionsstelle benutzt, und beide Muskeln v binden sich so innig, dass stets eine Reihe von Bündeln vorhanden ist, we nach kurzem Verlauf sich theilen und die eine Hälfte der Fasern zum *M. fro lis*, die andere zum *M. orbitalis* abgeben. Im Allgemeinen lässt sich jedoch Regel aufstellen, dass die Faserursprünge, je weiter medianwärts gelegen, so ausschliesslicher dem *M. frontalis* angehören, und dass unter dem *M. fron* einige kräftige Bündel vom medialen Ende des *Arcus superciliaris* entspringe ausschliesslich in den Verlauf des *M. orbitalis* umbiegen.

Fig. 42.



Muskeln in der Umgebung des medialen Augenwinkels. Die Haut der Brauengegend und der Wange ist zurückgeschlagen. *Lpm* Ligamentum palpebrale mediale. *Oo* M. orbicularis orbitalis des oberen Lides; er setzt sich unter der zurückgeschlagenen Wangenhaut auf das untere Lid fort. *Op* M. orbicularis palpebralis des unteren Lides. * Muskelbündel, welche den Kreisverlauf verlassend, sich an der Haut inseriren. Oben sind es Bündel des M. orbicularis orbitalis, welche in den Brauenwulst, unten solche des M. orbicularis palpebralis infer., welche in die Wangenhaut ausstrahlen. *Fr* Medialste Bündel des M. frontalis.

Präparirt man den Muskel ganz r so bleiben zwischen den einzelnen Bündeln mehr oder weniger, grössere oder kleinere Lücken (Fig. 42), welche Stellen bezeichnen, an welchen Nerven Arterien oder Venenzweige die Augenhöhle verlassen, oder in sie eintreten.

Was den weiteren Verlauf der Fasern des *M. orbitalis superior* anlan so arrangiren sich die Bündel so, das diejenigen, welche am weitesten nac dem Inneren der Augenhöhle entspringen, am nächsten den oberen Bündeln des *M. palpebralis superior* zu liegen kommen (Vergl. Fig. 42). Einige Bündel, die man trotz ihrer steil ansteigenden Richtung nicht dem *M. frontalis* sondern dem *orbitalis* zuzählen muss endigen nach kurzem Verlauf in der Haut der medialen Hälfte der Augenbrauen (Fig. 42). Ziehen sich diese zusammen so markiren sich die Ansatzpunkte deutlich durch kleine Grübchen. Die Eigenschaft, welche darauf hinweisst, dass diese Bündelchen zum *M. orbitalis* zu zählen sind, ist die, dass ihre Thätigkeit stets mit der dieses Muskels zusammenfällt und sich ganz unabhängig vom *M. frontalis* erweisst. Ein Blick auf einen Menschen, der vom Licht geblendet, die Brauen zusammenzieht, ergibt die Richtigkeit dieser Aufstellung. Eine geringere Lichtmenge wird nur durch den *M. orbitalis superior* abgewehrt, erst bei einer grösseren wird noch der *inferior* beigezogen und es entsteht dann der Ausdruck des Blinzelns.

Der *M. orbitalis superior* überragt den Oberaugenhöhlenrand bedeutend, sein oberer Rand deckt noch den *Arcus superciliaris*.

---

[1]) Corrugator supercilium autor.

Der *M. orbitalis* des unteren Augenlides entspringt von der unteren Seite des *igamentum palpebrale mediale*, vom Thränensack und vom Unteraugenhöhlen-ınd in geringer Ausdehnung. Seine Ursprünge bilden zuerst zusammengedrängt ine etwas dickere Muskelmasse, die sich erst gegen die Mitte des Unteraugen-öhlenrandes fächerförmig ausbreitet. Auch der *M. orbitalis inferior* überragt-en Orbitalrand etwas, sein unterer Rand deckt noch das *Foramen infraorbitale* der liegt dicht über demselben.

An der Schläfenseite der Augenlidspalte treffen die beiden Hälften des *M. rbitalis* zusammen, tauschen hier ihre Bündel aus und gehen in einander über.

Der *M. malaris* gehört nur dem unteren Augenlid an. Er wird von zwei Muskelzügen gebildet, welche in der Art eines V den *M. orbitalis inferior* umfas-sen. Es entsteht so zwischen dem unteren Rand des *M. orbitalis inferior* und len beiden Schenkeln des *M. malaris* ein kleines mit der Spitze abwärts gekehr-es Dreieck, welches der Muskulatur entbehrt und nur mit Fett ausgefüllt ist. Der Verlauf der beiden sich kreuzenden Muskelbündel des *M. malaris* ist so, dass der mediale Schenkel an der medialen und unteren Seite des *M. orbitalis inferior* entspringt. Die medialste Zacke hat keine gesonderte Insertion am Knochen, sondern ist nur die Fortsetzung eines starken Bündels des *M. frontalis*, welches über den Nasenrücken herabläuft und sich dem *M. malaris* anschliesst (Fig. 38, 42). Die folgenden Bündel inseriren sich unter dem *Ligamentum palpebrale mediale* zum Theil an die Seite der Nase, zum Theil noch an den Orbitalrand neben und unter dem *Musc. orbitalis*. Die Bündel verlaufen dann nach unten und lateralwärts zum Theil in flachen Bogen in die Fasern des zweiten Schenkels einstrahlend, zum Theil nach dem Mundwinkel und der Wange gerichtet, um sich hier in der Haut zu verlieren. Oft begegnet man Menschen, bei denen sich diese Hautinsertionen beim Zukneifen des Auges leicht als kleine eingezogene Grübchen erkennen lassen.

Der laterale Schenkel entspringt zum Theil auf der Fascie dicht neben dem lateralen Ende des *M. orbitalis*, zum Theil vervollständigt er sich aus einer nicht unbeträchtlichen Menge von Bündeln des *M. orbitatis*, welche sich von dessen äusserster Peripherie nach unten abzweigen. Der weitere Verlauf des lateralen Schenkels ist ganz das Spiegelbild des medialen; auch hier gehen die Bündel, welche sich nicht im Bogen mit den entgegenkommenden des anderen Schenkels vereinigen, nach unten in die Haut der Wange und der Mundwinkelgegend über.

Varietäten des *M. orbicularis* sind, wie schon aus der vorstehenden Beschreibung erhellt, äusserst häufig, besonders ist es der *M. malaris*, welcher vielfach variirt, bald stärker, bald schwächer erscheint, bald stärkere und zahlreichere, bald schwächere und spärlichere Bündel zur Haut sendet. Verbindungen mit den nächstliegenden Gesichtsmuskeln, dem *M. quadratus labii superioris* und dem *Zygomaticus* werden oft beobachtet.

Die Wirkung des Ringmuskels des Auges ist eine complicirte, weil die verschiedenen Theile desselben isolirt und gruppenweise in Thätigkeit treten können und es mag in den folgenden Zeilen ein Versuch gemacht werden, die einzelnen Bewegungen einigermassen zu analysiren.

Aus den oben gelegentlich eingestreuten Bemerkungen ist es schon ersichtlich, dass nicht allein die Lider ihre Bewegungen dem *M. orbicularis oculi* verdanken, sondern dass auch nicht unbeträchtliche Partieen der umliegenden Haut von ihm beeinflusst werden. Selten ist es nun aber, dass sämmtliche Theile

des Muskels sich zusammen contrahiren. Es geschieht dies nur in zwei Fä
zuerst beim gewaltsamen Zukneifen der Augen, wo eine vollständige Contra
aller Theile des *M. orbicularis* stattfindet, und dann bei der Pantomime, we
man beim Einfallen eines sehr starken Lichtstrahles in das Auge, beim sta
Geblendetsein macht. In diesem letzteren Falle ziehen sich jedoch nur die
seren Theile des Muskels (*Orbitalis* und *Malaris*) vollständig zusammen, w
rend sich die *Mm. palpebrales* und zwar besonders der des oberen Lide
geringerer Contraction befinden. In beiden Fällen wirken auch noch die u
liegenden Gesichtsmuskeln mit, um eine möglichst vollkommene Verkleineru
der Lidspalte herbeizuführen. Die Contraction des *M. frontalis*, und zwar
medialen Theile desselben wulstet vielleicht die Haut über der Glabella
etwas, die Zusammenziehung des *M. zygomaticus* und des *M. quadratus labii*
perioris bringt die Haut der Wange in die Höhe.

Die einzelnen Abtheilungen des Muskels können bis auf den *M. malaris* f
sich allein wirken. Eine Bewegung des letzteren associirt sich stets mit der
M. orbitalis inferior. Die beiden *Mm. palpebrales* wirken isolirt bei gewissen B
wegungen des Augapfels. Sieht man zu Boden, so contrahirt sich der des ober
Lides, sieht man empor, so zieht sich der des unteren Lides zusammen. Wirk
sie beide gemeinsam, so entsteht der Ausdruck, welchen man Kurzsichtige a
nehmen sieht, wenn sie etwas in der Ferne deutlich zu sehen suchen. Auch be
Ausdruck der Verachtung treten vom *M. orbicularis* nur die beiden *palpebrales*
Funktion. Die Pantomime des Blinzelns steht der eben genannten Bewegung se
nahe, doch zieht sich hier noch der *M. orbitalis* leicht zusammen, und es werde
wie oben erwähnt, die Fasern, welche vom *M. palpebralis inferior* in die Hau
ausstrahlen, stark contrahirt.

Der *M. orbitalis* verkürzt sich ganz allein für sich, wie es scheint, niemals
Entweder zieht er sich in Verbindung mit dem *M. malaris* zusammen und dan
hat das Auge den Ausdruck den es beim Gefühl des Ekels und des Schauderns
zeigt, oder es contrahirt sich partiell nur die mediale Hälfte seines oberen Bo
gens und nun kommt der Ausdruck des tiefen Ernstes zu Stande. Zieht sich da
gegen, was ebenfalls möglich ist, nur die untere und laterale Hälfte des Muskels
in Verbindung mit dem *M. malaris* zusammen, dann entsteht die Geberde der
Heiterkeit, des Lachens.

Die Aktion, welche der Muskel beim Ausdruck des Schmerzes annimmt, ist
merkwürdig genug, der eben beschriebenen auch räumlich gerade entgegenge-
setzt. Es contrahiren sich hierbei diejenigen Partieen des Muskels, welche an
der medialen und oberen Seite der Gesichtsöffnung der Augenhöhle liegen, d. h.
also der sogenannte *Corrugator supercilium*, sowie auch die medialen Theile des
M. frontalis. Kommt zu dieser Bewegung noch die hinzu, welche soeben für den
Ausdruck des Lachens beschrieben wurde, dann entsteht die Pantomime des Wei-
nens. Im höchsten Affect des Schmerzes und der Freude, beim starken Wei-
nen und Lachen ist die Aktion des *M. orbicularis* die gleiche. Es erfolgt in bei-
den Fällen eine kräftige Zusammenziehung des ganzen *M. orbitalis* und eine ge-
ringere des ganzen *M. palpebralis*, ebenso, wie beim starken Geblendetsein.
Auch die umliegenden Gesichtsmuskeln verhalten sich nicht anders. Nur der
Ausdruck der Muskulatur des Mundes und Kinnes ist ein verschiedener.

Zuletzt ist es auch möglich, die Partie des Ringmuskels allein zusammen

ı ziehen, welche um den lateralen Augenwinkel befindlich ist. Doch ist diese ewegung, welche zum Ausdruck einer besonderen Gemüthsstimmung nicht zu ienen scheint, nur einseitig ausführbar; denn versucht man es, auch den Mus-.el der anderen Seite in ähnlicher Weise zu bewegen, so entsteht sogleich eine llgemeine Zusammenziehung des ganzen *M. orbitalis.*

Eine Reihe von Affekten wird im Vorstehenden nicht erwähnt, da sie hauptsächlich durch lie Muskeln der unteren Theiles des Gesichtes ausgedrückt werden, während der *M. orbicularis* entweder eine allgemeine Zusammenziehung erleidet, oder eine der beschriebenen Bewegungen macht. Es schliessen sich die vorstehenden Bemerkungen über die Thätigkeit des *M. orbicularis oculi* denen von Arlt (Arch. für Ophthalm. 9. Bd.) nicht vollständig an. Trotz einer um so sorgfältigern Beachtung der Punkte, in denen Arlt's Ansicht von der meinigen ıbweicht, konnte ich doch eine Aenderung des Vorstehenden im Sinne Arlt's nicht gerechtfertigt finden, und muss hoffen, dass eine erneute Untersuchung diesen ausgezeichneten Forscher von der Richtigkeit meiner Aufstellungen überzeugt.

Auch Darwin (Ausdruck der Gemüthsbewegungen) scheint mir nicht immer die genaue und richtige Analyse der Bewegungen des *M. orbicularis* getroffen zu haben, wenn auch in den meisten und wichtigsten Ausdrucksformen zwischen den Darstellungen dieses Forschers und den obenstehenden eine erfreuliche Uebereinstimmung herrscht. Duchenne's vortreffliches Buch stand mir leider augenblicklich nicht zu Gebote und konnte ich zu meinem grössten Bedauern seine Beobachtungen nicht mit den meinigen vergleichen.

Ueber das eigentliche Zustandekommen der Wirkung ist nichts mehr beizufügen. Eine Betrachtung des Ursprungs- und der Insertionspunkte ergibt es von selbst. Nur die Zusammenziehung der *Mm. palpebrales* bedarf wegen des eigenthümlichen Verlaufes der Bündel einer kurzen Erwähnung. Henle beschreibt sie so treffend, dass ich am besten seine Worte hierüber citire. Er sagt: »Die *Mm. palpebrales* haben im erschlafften Zustande einen in doppeltem Sinne bogenförmigen Verlauf; die Fasern des oberen Augenlides sind durch die Wirkung des *Levator palpebrae* aufwärts convex, die Fasern des unteren Augenlides durch ihre eigene Schwere, wenn auch in sehr geringem Grade, abwärts convex, und beide durch die Spannung, die ihnen der Augapfel ertheilt, vorwärts convex. Der Effekt ihrer Zusammenziehung ist also zunächst Senken des oberen, geringes Aufsteigen des unteren Augenlides und Druck auf die Oberfläche des Augapfels.« Besonders die letztere Wirkung der *Mm. palpebrales* muss als wichtig hervorgehoben werden. Dass wirklich eine solche Funktion der genannten Muskeln besteht, geht daraus hervor, dass bei Lähmung derselben der Augapfel weiter aus der Orbita hervortritt.

Die mehrfachen Behauptungen, nach denen sich der *M. orbicularis* nur in Gesammtheit, oder doch wenigstens in grösseren und gröberen Partieen soll zusammenziehen können, sind durch Vorstehendes widerlegt.

Ausser den bis jetzt beschriebenen Lidmuskeln, welche aus quergestreiften Fasern bestehen, finden sich in den Lidern auch Muskelbündel eingewebt, welche aus glatten Fasern bestehen; von ihrem Entdecker H. Müller haben sie den Namen *M. palpebralis superior* und *inferior* erhalten. Beide halten sich an der Conjunctivalseite des betreffenden Lides.

Der obere glatte Palpebralmuskel entsteht mit seinen Bündeln kurz vor dem Ende des *M. levator palpebrae* zwischen den Fasern dieses Muskels, hält denselben Verlauf ein, wie er, und endet in der Gegend des oberen convexen Randes des Tarsus frei oder in elastische Sehnen auslaufend. Seine Länge ist etwa

10 Mm. Nach Henle finden sich auch spärliche transversale dem Rand des T sus parallel verlaufende Bündel vor.

Im unteren Lide liegen die glatten Muskelfasern noch dichter unter der O. fläche der Conjunctiva, als im oberen, sind weniger regelmässig gelagert erstrecken sich von der Conjunctivalfalte bis zum Rande des Tarsus. Sie s. wie im oberen Lid, mit elastischer Sehne versehen.

H. Müller und Sappey haben noch an der Decke der Orbita, in der *Plica semilunar* in den Fascien organische Muskelfasern beschrieben. Doch konnte ich mich ebensow. wie Harling von deren Existenz überzeugen, und muss an eine Täuschung durch die hier vorkommenden Kerne, die dem Bindegewebe selbst, den Nerven und Gefässen an-ren, glauben.

§ 28. Nachdem nun die einzelnen Theile des Lidapparates eine gesond. Betrachtung erfahren haben, erübrigt es noch, sie in ihrer Gesammtheit mit B zug auf die topographische Lage zu betrachten.

Zuerst ist es nöthig, die Augengegend, wie sie sich an dem von vorne b trachteten Gesichte darstellt, abzugränzen. Es ist diese Gränze bei normaler Be-schaffenheit der Gesichtsfläche nicht so auffällig, dass sie auf den ersten Blick e leuchten müsste; treten jedoch Oedeme, Extravasate oder andere Zustände e welche die Haut der Augengegend hervorwulsten, so ist eine scharfe Grä zwischen der letzteren und den umliegenden Theilen des Gesichtes ohne Schw-rigkeit zu finden. Es erklärt sich diese Thatsache aus einer Eigenschaft der L haut, deren oben schon Erwähnung gethan wurde, nämlich der, dass sie a ihrer Unterlage (dem Muskel) nur sehr locker durch ein fettloses Bindegewebe aufgeheftet ist, welches der Haut bei Ergüssen und dergleichen gestattet, si im hohen Grade auszudehnen und hervorzuwölben. Die Haut der umliegende Gesichtstheile besitzt den gewöhnlichen *Panniculus adiposus* und zeichnet si also durch nichts vor anderen Körpertheilen aus.

An der Stelle nun, wo das fettlose und das fetthaltige Unterhautbindegewebe mit einander zusammenstossen, ist die Abgränzung eine sehr scharfe. Es kan dies nicht verwundern, denn wie an allen Stellen, an denen reichlichere Fett-mengen plötzlich abgeschnitten endigen, so ist auch hier das Fett der umliegen-den Gesichtstheile durch fascienartige Bindegewebsblätter, welche sich bis zu Knochen in die Tiefe erstrecken, begränzt und so die Augengegend gegen di gebung abgeschlossen. Wenn also die Beschaffenheit der Haut und des Un-Unterhautbindegewebes vor Allem zur Abgränzung benützt werden, so sind do auch die unterliegenden Gebilde nicht ohne Einfluss auf die topographische Be-stimmung und Knochenränder, sowie Muskelpartieen, bilden wichtige Anhalts-punkte.

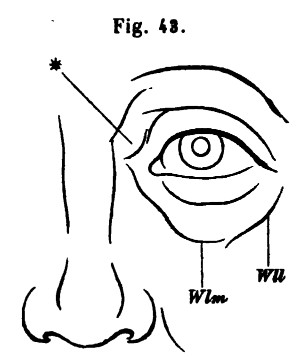
Einfach gestalten sich die Verhältnisse am oberen Augenlid. Hier bildet der so scharf markirte Brauenwulst, welcher, wie bekannt, mit dem Verlauf des Oberaugenhöhlenrandes zusammenfällt, die Gränzscheide zwischen Stirn- und Augenhöhlengegend. Die Verdickung, welche die Haut hier erleidet, ist ja auf den ersten Blick sichtbar und gränzt sich auch auf dem Durchschnitt durch ihr der-beres Gefüge und die relativ zahlreichen Fettträubchen gegen die zarte Lidhaut ab.

Anders ist es am unteren Augenlid. Hier ist die Gränze lange nicht so scharf, nicht einmal von einer einzigen Linie gebildet. Ein aufmerksamer Beob-achter freilich wird in allen Lebensaltern an allen Gesichtern auch diese Gränze

uffinden. Das Lid ist hier der Wölbung des Bulbus angeschmiegt, leicht rückwärts gebogen, die Wange dagegen springt selbst beim magersten Menschen nach unten vor. So entsteht eine rinnenartige Vertiefung zwischen beiden, welche von Arlt mit dem Namen Wangenlidfurche (Absteigender Theil) [1]) belegt worden ist. Beginn und Verlauf derselben hält sich an die unterliegende Muskulatur und zwar entspricht sie der Stelle, an welcher der untere Rand der Hautportion des *M. palpebralis inferior* (s. oben § 27., p. 74), und der obere Rand des medialen Schenkels des *M. malaris* (p. 77.) zusammenstossen. Die Falte beginnt tief und gut ausgeprägt mit diesen Muskeln am unteren Rande des *Ligamentum palpebrale mediale* und hält sich etwa bis zur Gränze des medialen und mittleren Drittels des unteren Augenlides auf dem Rande der Augenhöhle. Dann geht sie über denselben steil herab und verliert sich gänzlich eine kurze Strecke jenseits der Mitte des Lides (Fig. 43 *Wlm*).

Mehr als diese unvollkommene, wohl ausgerundete Rinne sieht man bei jugendlichen Individuen nicht. Im Alter wird durch Vorbauschung der unteren Lidparthie die Furche tiefer und schärfer, und es tritt noch eine weitere Gränzfurche auf, die in der Höhe des lateralen Lidwinkels beginnend, nach unten und medianwärts herabsteigt, bis sie die Wangenlidfurche erreicht (Aufsteigender Theil der Wangenlidfurche Arlt). Es entspricht diese zweite Furche dem lateralen Schenkel des *M. malaris*. Oft verschmelzen beide Furchen mit einander und bilden so einen, wenn auch nicht ganz regelmässig geschwungenen Bogen. In einer Reihe von Fällen aber treffen sich die beiden Furchen nicht, sondern die laterale geht steil auf die Wange herab und es bleibt zwischen beiden ein durch unregelmässige, zufällige Fältchen ausgefüllter Zwischenraum. Es kann diese Verschiedenheit nicht verwundern, denn es wurde ja schon oben erwähnt, dass auch die Art der Verbindung zwischen beiden Schenkeln des *M. malaris* eine äusserst wechselnde ist, und man kann also trotz dieser scheinbaren Unregelmässigkeiten im Verlauf der Furchen doch constatiren, dass sie sich genau nach dem Verlauf der Malarisbündel richten.

Fig. 43.



Ansicht der Augengegend eines alten Mannes. *Wlm* Wangenlidfurche (absteigender Theil Arlt). *Wll* Wangenfurche aufsteigender Theil. * Vorbauschung der in der Jugend am tiefsten liegenden Stelle der Augengegend.

Die Gegend des *Ligamentum palpebrale laterale* bezeichnet die obere Gränze der lateralen Furche; zwischen ihm und dem lateralen Ende der Augenbraue bleibt ein Zwischenraum, der von einigen horizontal gestellten Fältchen eingenommen ist, welche sich im Alter stark vermehren und vertiefen. An der medialen Seite bildet ebenfalls das *Ligamentum palpebrale* die Gränze, sowohl nach der Nase hin, als auch zwischen dem oberen und unteren Augenlid Am besten lässt sich dies an Blutextravasaten dieser Gegend studiren. Bezieht sich ein sol-

[1]) Sulcus orbito-palpebralis Sappey.

ches nur auf das eine Lid, so hört die Färbung mit einer scharfen Linie, dem Ligament entspricht, auf; bezieht es sich auf beide Lider, so ist die Haut dem medialen Lidbande meist ungefärbt, da durch ihre festere Verbindun[illegible] demselben eine Unterwühlung durch das entleerte Blut schwerer gelingt.

Bei Leuten mit lebhaften Farben reicht das Wangenroth nur bis zur L[illegible] furche, jenseits derselben wird die Farbe zart und viel blasser (Arlt).

In dem Raum, der so nach allen Seiten abgegränzt ist, finden sich nun n[illegible] einige Falten und Furchen, die zwar eine untergeordnete Bedeutung besitz[illegible] aber doch eine Erwähnung verdienen. Sie werden sämmtlich durch die b[illegible] Lidschlag so oft wiederholte Faltung der Lider hervorgerufen, fehlen also, w[illegible] alle dergleichen Runzeln in der Jugend vollständig.

Vor allem ist zu erwähnen eine Falte an jedem Lide, welche sich so ziem[illegible] lich an den angewachsenen convexen Rand des Tarsus hält. Sie beginnt ober[illegible] halb resp. unterhalb des Thränensees und zieht im Bogen nach aussen. Am ob[illegible] ren Lid kräftiger und tiefer, endet sie hier über dem lateralen Augenwinkel. A[illegible] unteren Lid erreicht die Falte den Augenwinkel nicht, sondern endet schon eini[illegible] Millimeter vor demselben. Durch Glätte zeichnet sich besonders die Haut ober[illegible] halb des *Lig. palpebrale mediale* aus. Es ist diese Stelle auch die am weitest[illegible] zurückspringende der ganzen Augengegend. So ist das Verhältniss bei jünger[illegible] Erwachsenen. Mit zunehmendem Alter vertiefen und verlängern sich die genann[illegible] ten Falten, es treten secundäre Nebenfalten auf, die kleinen Runzeln am unter[illegible] Lid, welche der Hautportion des *M. palpebralis inferior* entsprechen, vermehr[illegible] und vergrössern sich, ebenso die erwähnten Fältchen, welche vom äusser[illegible] Augenwinkel aus radienförmig nach der Schläfengegend ausstrahlen. Die Haut[illegible] partie zwischen Tarsus und Orbitalrand bauscht sich vor, da bei der Atonie aller Fascien auch das *Septum orbitale* seine Festigkeit eingebüsst hat und das Orbital[illegible] fett nicht mehr so straff zurückhält. Besonders auffällig ist diese Erscheinung i[illegible] der Gegend über dem medialen Augenwinkel. Hier, wo in der Jugend, wie er[illegible] wähnt, die tiefstgelegene Stelle der Augenregion ist, tritt eine kleine hügelig[illegible] Hervorragung auf (Fig. 43*), welche besonders bei der Richtung des Blick[illegible] nach aussen auffällt (Arlt).

Den Mittelpunkt der Augengegend, sowohl was die topographische Lage, als auch was die functionelle Bedeutung anlangt, bildet der Eingang in den Con[illegible] junctivalsack, die Lidspalte[1]). Dieselbe kann durch die Bewegung der beiden sie umrandenden Lider zwei Stellungen einnehmen, welche fundamental von einander verschieden sind und desshalb eine gesonderte Betrachtung erfordern. Es ist dies einmal die Ansicht der geöffneten Lidspalte, wie sie der wachende bei horizontal gehaltenem Kopfe unbefangen gerade vor sich blickende Mensch zeigt; und zweitens die Ansicht der sanftgeschlossenen Lidspalte, wie man sie bei einem ruhig Schlafenden antrifft. Es sind diese beiden Stellungen allerdings bekanntlich nicht die einzigen, welche die Lidspalte einnehmen kann, sondern es giebt sowohl eine Reihe von Zwischenstufen, als auch Stellungen, in denen die Gränze der beiden als normal angenommenen beträchtlich überschritten wird. Es ist jedoch nicht nöthig, alle diese Ansichten der Lidspalte eingehender zu

[1]) Synon. Fissura palpebrarum, rima palpebr.

betrachten, da sie nur unbedeutende, leicht zu construirende Modificationen der beiden primären Stellungen sind.

Die offene Lidspalte ist praktisch von ungleich grösserer Wichtigkeit, als die geschlossene, sie mag desshalb zuerst betrachtet werden. Ihre Gestalt wird mandelförmig genannt und zwar nicht mit Unrecht, wenn man auch freilich keinen ganz regelmässigen und symmetrischen Schnitt der beiden Lidränder erwarten darf. Es entsprechen sich nämlich die am weitesten zurückgebogenen Stellen der Lidränder nicht vollständig, sondern die grösste Höhe der Biegung liegt beim oberen Lid nahe dem medialen Augenwinkel, beim unteren dagegen mehr dem lateralen Augenwinkel zugekehrt.

Die Stellung der ganzen Lidspalte ist keine vollkommen horizontale, sondern zeigt sich mit dem medialen Augenwinkel abwärts geneigt. Am leichtesten überzeugt man sich davon, wenn man an einer naturtreuen Zeichnung (z. B. Fig. 44) eine Horizontallinie zieht, welche vom lateralen Augenwinkel ausgeht. Sie trifft genau durch die Mitte der Pupille und verlässt die Lidspalte noch oberhalb des oberen Thränenpunktes. Die Betrachtung des eigenen Auges vor dem Spiegel zeigt die Richtigkeit dieser Angabe. Nach den Messungen der Autoren steht der mediale Augenwinkel 4—6 Mm. tiefer als der laterale. In Fig. 44 beträgt die Differenz 4 Mm.

Fig. 44.



Ansicht des geöffneten Auges von vorne. Die Conturen des Randes der Orbita, sowie des Umkreises des Augapfels sind eingezeichnet, um die topographischen Verhältnisse zu veranschaulichen.

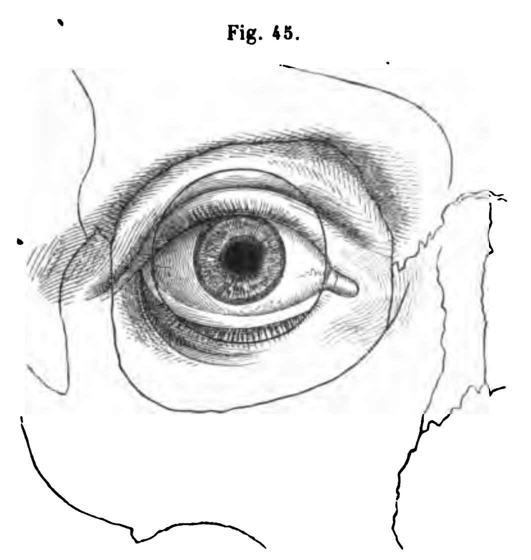
Zu den oben erwähnten permanenten Hautfalten der Augengegend gesellt sich bei geöffneten Lidern noch eine sehr grosse und starke an dem oberen Augenlid (vergl. Fig. 44). Dadurch, dass der Tarsus von dem *Levator palpebrae superioris* in die Höhe gezogen wird, faltet sich die lockere, zwischen ihm und dem Orbitalrand befindliche Hautpartie so, dass ein Wulst entsteht, welcher den Tarsaltheil des Lides, nicht selten selbst die Wimpern deckt und das Auge von oben beschattet. Die Falte beginnt 5 — 6 Mm. oberhalb des medialen Lidwinkels, doch pflegt ihr Anfang nicht in der Sagittalebene des ausgerandeten Endes der Commissur zu stehen, sondern nur etwa bis zur Mitte des Thränensees zu reichen. Die tiefste Einbiegung der Falte hält sich dann genau an den oberen Tarsalrand. Ihr laterales Ende überragt den lateralen Augenwinkel weit und sie überschreitet, sich allmählig verlierend, noch den Orbitalrand und endet über dem Stirnfortsatz des Jochbeines (Fig. 44). Bei sehr mageren Individuen mit hohlen Augen, wo der Orbitaltheil des Lides stark gezogen ist, fehlt diese Falte ganz und es wird beim Oeffnen der Lider die

ziehung nur noch tiefer. Muskelfasern, wie sie von HENKE behauptet werden konnte ich in der beschriebenen Falte ebenso wenig finden, wie ARLT.

Die Grösse der Augenspalte sowohl nach der Längen- als nach der Höhendimension ist verschieden. Im Mittel kann man die Länge einer männlichen Lidspalte, vom Ende des einen Augenwinkels zu dem des anderen gemessen 30 Mm betragend, annehmen. Die Höhe der normal geöffneten Lidspalte, an der weitesten Stelle in der Mitte zwischen dem lateralen Augenwinkel und den Thränenpunkten gemessen, beträgt höchstens 14 Mm., sehr oft auch 2—3 Mm. weniger. Die Dimensionen der weiblichen Lidspalte sind gewöhnlich um einige Millimeter kleiner. Die kindliche Augenöffnung zeigt besonders den Längendurchmesser kleiner, während der Höhendurchmesser nur wenig geringer ist, als beim Erwachsenen, wodurch sie das charakteristische, weit geöffnete Ansehen erhält.

Die individuelle Verschiedenheit in den Dimensionen der Lidspalte ist, wie erwähnt, eine sehr beträchtliche. Besonders auffallend ist eine kurz geschlitzte Lidspalte. Dieselbe giebt dem Gesicht einen meist wenig ansprechenden Ausdruck und ist im Publicum unter dem Namen »Schweinsaugen« wohlbekannt und beachtet. Bei den meisten orientalischen Völkern pflegt die Lidspalte weniger weit geöffnet zu sein, als bei den Europäern. Bei den Mongolen und einer Reihe arktischer Stämme ist die Lidspalte schiefer gestellt als bei anderen Rassen.

Fig. 45.



Ansicht des geöffneten Auges von vorne. Die Conturen des Randes der Orbita, sowie des Umkreises des Augapfels sind eingezeichnet, um die topographischen Verhältnisse zu veranschaulichen.

Die meisten anatomischen Handbücher enthalten keine Messungen der Augenspalte. Von den wenigen Zahlenangaben, die sich vorfinden, will ich die LUSCHKA's erwähnen, der die Länge der Augenspalte richtig zu 30 Mm. angibt; und ferner HUSCHKE's Zahlen. — Dieser sonst so ausnehmend richtig messende Forscher gibt die Länge der Augenspalte zu 15‴ (33,7 Mm.), die Höhe gar zu 8‴ (18 Mm.) an. Dass diese Angaben zu hoch sind, leuchtet auf den ersten Blick ein, besonders deutlich aber erkennt man den Fehler, wenn man sich nach diesen Maassen eine Augenspalte zeichnet.

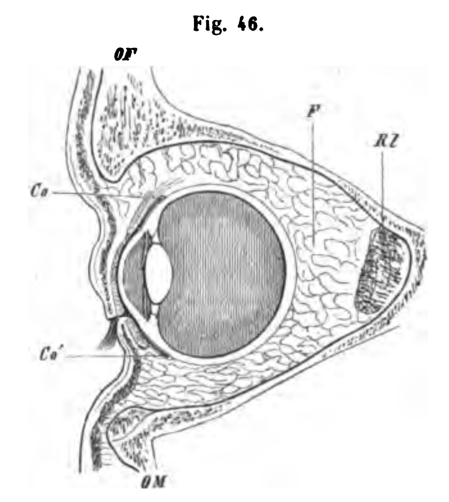
SÖMMERRING's vortreffliche Abbildungen geben Gestalt und Grösse der Lidspalte auf das beste wieder.

Was das Verhältniss der offenen Lidspalte zum Augenhöhlenrand und zum Bulbus anlangt, so wird es von der nebenstehenden Fig. 45 weit besser erläutert, als es eine Beschreibung könnte. Es mag nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass das laterale Ende der Lidspalte 5—7 Mm. weit vom Knochenrand entfernt ist, so wie, dass sich die Naht zwischen dem Stirnbein und Jochbein fast einen Centimeter weit oberhalb des lateralen Augenwinkels befindet.

Die Lage des Bulbus in der geöffneten Lidspalte ist, wie es die Fig. 45 zeigt, derart, dass seine grösste Circumferenz an der lateralen Seite mit dem Augenwinkel gerade zusammenfällt. An der medialen Seite überragt die Lidspalte den Bulbus so, dass der Augenwinkel denselben nicht mehr deckt. Es endet der Augapfel genau am Beginn des Thränensees in der Gegend der Thränenpunkte. Die Cornea wird an dem geöffneten Auge vom oberen Augenlid oben erreicht, oft auch noch ganz wenig gedeckt. Das untere Augenlid trifft die Cornea nicht, es bleibt zwischen beiden ein Raum von 1 — 2 Mm. frei.

Wird nun das Auge geschlossen, so bleibt nur das Ende des medialen Lidwinkels unverändert, da dieses durch seine feste Verbindung mit dem unterliegenden *Ligamentum palpebrale mediale* in seiner Lage erhalten wird, alle anderen Theile wechseln ihren Platz. Die Annäherung der beiden Lidränder geschieht so, dass das obere Augenlid über die ganze Cornea weggezogen wird, und erst am unteren Rande derselben stehen bleibt. (Vergl. den Durchschnitt Fig. 46.) Das untere Lid macht eine weit geringere Excursion, es durchläuft nur einen Raum von 2 — 3 Mm., um seinen Rand an den des oberen Lides anzulegen. Die beiden Lidränder, welche eine Dicke von etwa 2 Mm. haben, legen sich nun so aneinander, dass sie sich in ihrer ganzen Ausdehnung berühren. Sie sind congruent gebaut, wie man schon am geöffneten Auge sehen kann, und zwar sind die Ränder beider Lider abgeschrägt, der des oberen so, dass die äussere Kante weiter herabragt, als die innere, der des unteren gerade umgekehrt.

Fig. 46.



Sagittalschnitt des Sehorganes. Mediale Schnittfläche. *Co* Fornix conjunctivae des oberen, *Co'* des unteren Lides. *F* Fett der Orbita. *Rl* Schiefer Durchschnitt des M. rectus lateralis. *OF* Durchschnitt des Stirnbeines. *OM* Durchschnitt des Oberkieferbeines.

Der Thränenbach, ***Rivus lacrymalis***, der einen dreieckig prismatischen Raum zwischen den hinteren Kanten beider Lidränder und dem Bulbus einnehmen soll, kann nach den vorstehenden Bemerkungen, sowie nach den in § 26 angeführten Thatsachen als nicht vorhanden angesehen werden. Es sind auch sämmtliche der Neuzeit angehörenden Anatomen darüber einig, dass ein solcher Thränenbach nur in den älteren Darstellungen, aber nicht in der Natur existirt.

Die geschlossene Lidspalte stellt eine nach unten convexe Linie dar, welche am medialen Augenwinkel etwas abgerundet beginnt und am lateralen Augenwinkel sehr spitz aufhört. Die Enden der Spalte an den beiden Commissuren liegen jedoch nicht genau in der Fortsetzung der gebogenen Linie, welche sie in ihrer grössten Länge bildet, sondern gehen in der Horizontallinie gerade auswärts, nicht selten ist der mediale Winkel sogar ganz sanft nach unten umgebogen.

An der medialen Commissur ist die Verwachsung der Lidhaut mit dem unterliegenden *Ligamentum palpebrale* wie schon mehrfach erwähnt, eine so feste,

dass eine Verschiebung dieser Stelle ausgeschlossen ist. Nicht so ist es am
ralen Augenwinkel. An dieser Stelle wird die Haut beim Schluss der Lider
schoben, und es bewegt sich die Lidspalte abwärts, wie der Radius eines Kr
um seinen feststehenden Mittelpunkt. Dadurch wird der laterale Augenw
um ungefähr 5 Mm. gesenkt, so dass er also bei geschlossener Lidspalte e
tiefer zu stehen kommt, als die mediale Commissur.

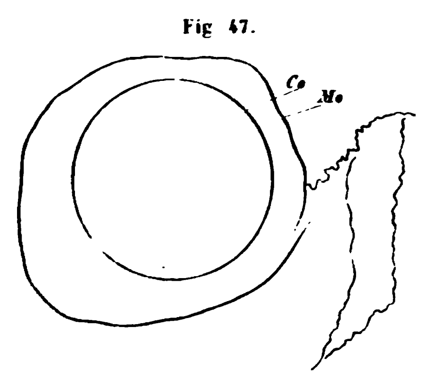
Die Veränderungen, die man beim Schluss der Lider an deren Hau
merkt, beziehen sich am oberen Lid besonders auf die Falte des Orbitaltheils
in der oben beschriebenen Weise durch die Hebung des Tarsus beim Oeffnen
Lides entsteht. Sie verstreicht bei jüngeren Individuen vollständig, wenn s
die Lider schliessen, bei älteren Leuten bleibt eine Furche zurück, welche d
oberen Rande des Tarsus folgt. Am unteren Lid contrahirt sich mit den übr
Theilen des *M. palpebralis* auch dessen Hautportion, wodurch nebst einer V
schiebung der Lidhaut nach dem medialen Augenwinkel hin, die in § 27.
wähnten Fältchen der Haut entstehen.

Diese Contraction der Hautportion ist, wenn auch bei sanftem Lidschluss sehr schw
doch stets vorhanden und ich möchte fast glauben, dass sich ARLT durch sie hat tausch
sen, als er annahm, dass der Tarsus eine geringe Verschiebung medianwärts erleidet
konnte trotz vieler Beobachtung seine Aufstellung nicht bestätigen, und muss glauben
die seitliche, medianwärts gerichtete Verschiebung nur von der Haut vollzogen wird, w
rend der eigentliche Tarsus nur aufwärts, resp. abwärts gerichtete Verschiebung erle
Am oberen Lid ist nach ARLT die Verschiebung eine sehr geringe, und lässt sich auch hier
leicht durch eine blosse Verschiebung der sich glättenden und spannenden Haut erklär

Bezüglich der Lage der Thränenpunkte bei offenen und geschlossenen Lidern, verwe
ich auf die Betrachtung des Thränenapparates.

Zum Schluss ist noch des Conjunctivalsackes mit einigen Worten zu g
denken.

Fig. 47.



Die Linie, welche vom Fornix conjunctivae, *Co*, gebildet wird, ist in ihrer topographischen Lage gegen den Rand der Augenhöhle *Mo* in eine Conturzeichnung des letzteren eingetragen.

Derselbe lässt sich am best
einem Trichter vergleichen, mit d
weiten Oeffnung nach dem Innern d
Orbita, mit der engen nach der Lid
spalte hin gerichtet. Am tiefsten is
er an der oberen Seite, am seich
testen am medialen Augenwinkel
wo man ja sein Ende im Thränensack
bei geöffneten Augen ohne weiteres
sieht. Vergl. die Fig. 22 und 46
Er hält sich in seinem Verlauf gan
an den Bulbus, dessen Form sein
hintere Wand vollkommen wieder-
gibt, nur am medialen Augenwinkel
wendet er sich nicht rückwärts, wie
an den anderen Stellen, sondern
medianwärts und schliesst sich so
an das *Ligamentum palpebrale me-
diale* an. Was sein Verhältniss zur Augenhöhle anlangt, so reicht der Fornix
unten am weitesten in dieselbe zurück, er steht hier etwa 10 Mm. hinter dem

Orbitalrand. Oben steht er der Gesichtsöffnung der Orbita etwa 2 Mm. näher. Am flachsten liegt die Uebergangsfalte an der lateralen Seite, hier steht sie fast in gleicher Ebene mit dem Rand der Orbita, der hier, wie bekannt, stark zurückweicht.

Das Verhältniss des Conjunctivalsackes zum Rand der Orbita ergiebt sich aus Fig. 47, in welcher beide eingezeichnet sind. Am meisten nähert sich der Fornix dem oberen Rande, am weitesten entfernt vom Rande endet er unten und lateral.

Henle macht in seinem Handbuch die Angaben: »Der *Fornix conjunctivae* des oberen Augenlides befindet sich in gleicher Höhe mit dem Rande der Orbita und mit der Augenbraue, 12—15 Mm. nach innen (hinten) vom Knochenrand, der *Fornix conjunctivae* des unteren Augenlides steht fast gerade über dem Unteraugenhöhlenrand, in gleicher Höhe mit der Wangenlidfurche.« — Aus vorstehendem Text und den dazu gehörigen Abbildungen erhellt, warum ich mich diesen Angaben nicht anschliessen kann; und ich möchte fast glauben, dass Henle unter Wangenlidfurche etwas anderes versteht, wie Arlt, da nach letzterem Forscher dieselbe unterhalb des Orbitalrandes zu suchen ist, bis wohin ja natürlich der Conjunctivalsack nicht herabreichen kann.

VI. Thränenapparat.

§ 29. Der Thränenapparat scheidet sich nach seiner topographischen Lage in zwei Theile, welche durch die Breite des Conjunctivalsackes von einander getrennt sind. Lateral und oben im Vordergrunde der Augenhöhle liegt die absondernde Thränendrüse, welche durch ihre Ausführungsgänge die Thränenflüssigkeit in den Conjunctivalsack ergiesst. An dem medialen Ende des Lidapparates beginnt der Abzugscanal in den Thränenröhrchen. Dieselben convergiren und münden schliesslich in den Thränensack zusammen. An ihn schliesst sich der Thränennasengang, der durch eine eigene knöcherne Röhre aus der Augenhöhle in die Nasenhöhle führt, wo er dicht unter der unteren Muschel mündet. Ich wende mich zuerst zur Betrachtung der absondernden Drüse.

Die Thränendrüse, *Glandula lacrymalis*, ist eine acinöse Drüse, deren Bau auch makroscopisch deutlich zu erkennen ist, da die einzelnen Abtheilungen nur durch lockeres Bindegewebe mit einander verbunden sind. An manchen Stellen vereinigen sich die Acini überhaupt nicht mit der eigentlichen Drüse, sondern liegen als isolirte Körnchen im Gewebe. Im Ansehen hat die Drüse eine auffallende Aehnlichkeit mit den Speicheldrüsen, nur die Farbe, die bei diesen Organen eine mehr hellgraue genannt werden muss, ist bei der Thränendrüse mehr rosenroth. Sie besteht aus zwei ziemlich scharf getrennten Abtheilungen, welche durch den Fascienblätter-Apparat der Augenmuskeln getrennt werden.

Der obere Theil der Thränendrüse, *Glandula lacrymalis superior* (Rosenmüller) [1]) liegt dicht unter der Periorbita, und zwar unmittelbar hinter dem la-

---

1) Synon. Glandula innominata Galeni; Glandula lacrymalis orbitaria Cruv., Portion orbitaire Sappey. Groupe orbitaire Béraud.

teralen Ende des Oberaugenhöhlenrandes, in der *Fossa lacrymalis* des Stirnbeines (vergl. § 2, Fig. 2 *Fgl.*) Sie stellt einen wohlbegränzten ovalen Körper dar, dessen längere Axe dem Rande der Augenhöhle ziemlich parallel verläuft. Sie hat eine obere, convexe, zugleich lateral und rückwärts geneigte Fläche, und eine untere, medial und vorwärts sehende, welche schwach concav erscheint.

Von den Rändern ist der vordere ziemlich scharf, der hintere mehr stumpf. Das Bindegewebe zwischen den Läppchen der Drüse verdichtet sich auf die Oberfläche zu einer Art von Kapsel, welche allerdings an vielen Stellen nur undeutlich gegen die Umgebung abgegränzt ist. Am wenigsten differenzirt ist sie am hinteren Ende der Drüse, hier sind deren Läppchen im Orbitalfett verborgen. Es drängt sich dieses so sehr zwischen die einzelnen Läppchen ein, dass es oft sehr schwer fällt, die Drüse ganz rein zu präpariren. Besonders leicht orientirt man sich hierüber, wenn man die Drüse nach der Entfernung des Augenhöhlendaches von oben betrachtet.

Am deutlichsten ist ein kapselartiges Bindegewebsblatt an der oberen, etwas lateral gewendeten Fläche, soweit sie nicht in das Orbitalfett eintaucht. Hier findet man von dieser Hülle auch stets eine Anzahl stärkerer Bündel zur Periorbita herüberziehen, und in derselben verschwinden. Sie sind oft sehr kräftig, zeigen selbst hier und da einen sehnenartigen Glanz, und haben offenbar die Bestimmung die Thränendrüse in ihrer Lage zu erhalten. Man kann sie also mit Recht Aufhängeband der Thränendrüse *Ligamentum suspensorium glandulae lacrymalis* [1]) nennen.

Was die topographische Lage der oberen Thränendrüse betrifft, so geht ihr Verhältniss zum Dach der Augenhöhle aus dem eben gesagten hervor. Ihre Lage gegen den Rand der Orbita ist ebenfalls eine sehr bestimmte. Die vordere Kante liegt, wie schon erwähnt, dicht hinter demselben und erstreckt sich medial bis zum Rand des *Levator palpebrae superioris*, während er seitlich genau bis in die Höhe der Naht zwischen Stirn- und Jochbein reicht. Will man also die Thränendrüse durch einen Einschnitt entblössen, so wird man sie unfehlbar treffen wenn man von der genannten Sutur, die am Lebenden deutlich durch die Haut zu fühlen ist, dem Augenhöhlenrande entlang schneidet.

Das Verhältniss der Thränendrüse gegen die unter ihr liegenden Theile anlangend, so reitet sie auf dem Fascienzipfel, der sich aus den Blättern der *Mm. levator palpebrae superioris* und *rectus superior* zusammensetzt und sich in der Gegend der *Sutura zygomatico-frontalis* an die Seitenwand der Orbita anheftet. (s. oben § 25 p. 57 und Fig. 32.)

Die Dimensionen der oberen Thränendrüse sind ausserordentlich wechselnd, doch kann man nach den übereinstimmenden Angaben der sorgfältigsten Forscher den langen Durchmesser im Mittel auf etwa 20 Mm., ihren kurzen Durchmesser auf 11 — 12 Mm., und die Dicke auf etwa 5 Mm. veranschlagen.

Die untere Thränendrüse, *Glandula lacrymalis inferior*, (ROSENMÜLLER)[2] besteht aus einer Anzahl von Läppchen, die zwischen 15 und 40 schwankt (SAPPEY). (Fig. 48.) Sie sind kleiner als die der oberen und schliessen sich nicht

---

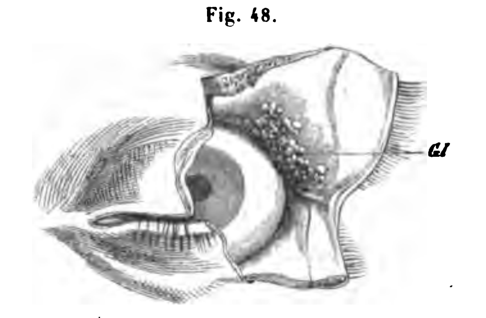
[1]) Synon. Ligamentum SÖMMERRINGI.

[2]) Synon. Glandul. congregatae Monroi; Gland. lacrymal. accessoria; Gland. lacrymal. palpebral. Portion palpebrale SAPPEY. Groupe palpebrale Béraud.

o fest zu einer compakten Drüsenmasse. Zwischen den einzelnen Abtheilungen
leiben grössere Zwischenräume, so dass mehrere kleine, flache Drüsen von ver-
chiedener Gestalt entstehen. Einzelne Acini sind sogar ganz isolirt und stellen
o Uebergangsstufen zu den oben (p. 68) beschriebenen accessorischen Thrä-
endrüsen dar. — Von einer festen Kapsel kann man natürlich bei der unteren
Thränendrüse noch weniger sprechen, als bei der oberen.

Die topographische Lage derselben ist folgende. Nach oben gränzt sie an
len vereinigten Fascienzipfel der *Mm. levator palpebrae superioris* und *rectus
uperior*, durch welchen sie von der oberen Thränendrüse getrennt ist. Nach
inten kommt bei einigermaassen starker Ausbildung ihr letztes Ende noch zwischen dem obengenannten Fascienzipfel und dem des *M. rectus lateralis* zum Vorschein (vergl. p. 58.) Mit ihrer unteren Fläche ruht sie unmittelbar auf dem Fornix des Conjunctivalsackes auf und erstreckt sich mit ihrem vordern und lateralen Ende bis dicht an den lateralen Augenwinkel herab (Fig. 48).

Fig. 48.



Linkes Auge. Die laterale Hälfte der geschlossenen Lider ist durch einen Schnitt von der medialen getrennt und in die Höhe geschlagen. Die Bindehaut des oberen Lides ist abpräparirt, wodurch die Läppchen der unteren Thränendrüse *Gl* freigelegt sind. Dieselbe reicht bis zum lateralen Augenwinkel, der als Hautfalte sichtbar ist, herab.

Die Ausführungsgänge beider Abtheilungen der Thränendrüse sind äusserst zarte nicht über einen halben Millimeter dicke Gefässchen, welche sich sehr leicht der Beobachtung entziehen. Es sammeln sich aus der oberen Abtheilung einige derartige Aestchen (zwischen 3 und 5 Sappey), welche mit einzelnen isolirten Läppchen besetzt, nach der unteren Drüse hin verlaufen. Indem sie nun durch diese durchtreten, nehmen sie eine Anzahl von Ausführungsgängen derselben auf, welche sich in spitzem, abwärts geschlossenem Winkel in die vorbeipassirenden Hauptgänge einsenken. Ihre Mündungen finden sich im Conjunctivalsack, eine ganz kurze Strecke vor dem Fornix. Ihre Lage ist hier eine solche, dass sich die unterste Oeffnung, welche zugleich die grösste und beständigste ist, in der Höhe des lateralen Augenwinkels befindet (Sappey); die übrigen schliessen sich in kleinen Zwischenräumen an diese an.

Nicht alle Ausführungsgänge der unteren Thränendrüse münden jedoch in die der oberen, sondern eine Anzahl von Läppchen ergiesst ihr Secret durch getrennt mündende Gänge in den Conjunctivalsack. Dieselben gruppiren sich unregelmässig und in verschiedener Anzahl um die Hauptausführungsgänge, doch pflegen im Ganzen nicht mehr als etwa 12—14 Mündungen sichtbar zu sein.

Der genaueste Beschreiber dieser Verhältnisse, Sappey, giebt die Zahl der grösseren Ausführungsgänge ganz richtig an. Auch ist seine Beobachtung, dass die lateralste Mündung die beständigste ist, ganz zutreffend. Ich kann dieser Angabe noch hinzufügen, dass diese Mündung auch immer die weiteste ist. Die weitere Behauptung dieses Beobachters, dass die Oeffnungen in einer Linie stehen, welche nach unten concav ist, ist allerdings insofern rich-
tig, als sie in einer Linie stehen, welche genau dem Verlauf des Fornix folgt, und dieser h

ja hier eine nach unten concave Biegung. Die Zahlenangabe SAPPEY's, der die Mündung· Zwischenräumen von je 3 Mm. von einander stehen lasst, ist zu hoch gegriffen.

BÉRAUD's Angaben über die Ausmündung der kleineren Drüsengänge, denen auch H folgt, kann ich nicht vollkommen bestätigen. Der letztere sagt in seiner Eingeweidelel »Die kurzen Ausführungsgänge der unteren Drüsen münden zum Theil selbstständig 5—9 der medialen, 2—4 an der lateralen Seite jener Hauptausführungsgänge (BÉRAUD)«. Ich ko dies niemals sehen, sondern stets standen in den von mir untersuchten Fällen die klein Ausführungsgänge zerstreut zwischen den grösseren und zwar besonders dadurch charak sirt, dass sie sich nicht an die regelmässige Linie hielten, in welcher die grösseren stand Seitwärts von der lateralsten grossen Mündung konnte ich niemals kleinere Mündungen e decken. An der medialen Seite der Hauptreihe dagegen fanden sich stets noch einige sol zerstreut.

§ 30. Das Secret der beschriebenen Drüsen, welches sich in den Conjun tivalsack ergiesst, die Thränen, *Lacrymae*, stellen, wie sich HERMANN ausdrück »einen ausserordentlich wässrigen Schleim, oder wenn man so will, Speich dar. Sie sind wasserklar, farblos, von alkalischer Reaction und von salzige Geschmack. Eine genaue Analyse gibt FRERICHS (Wagner's Handwörterbuc deren Zahlen ich beifüge.

100 Theile Thränen enthielten:

	I.	II.
Wasser	99,06	98,70
Feste Bestandtheile	0,94	1,30
Epithelium	0,14	0,32
Albumin	0,08	0,10
Chlornatrium, Phosphors. Alk., Erdphosphate, Schleim, Fett	0,72	0,88

ARLT gibt eine Analyse von den Thränen eines Menschen, dessen Bindehaut durch Lupus grösstentheils zerstört war, bei dem also eine Beimischung von Bindehautsecret zur eigentlichen Thränenflüssigkeit nicht zur fürchten war (Arch. f. Ophth. I, 2. p. 137). Seine Zahlen sind folgende:

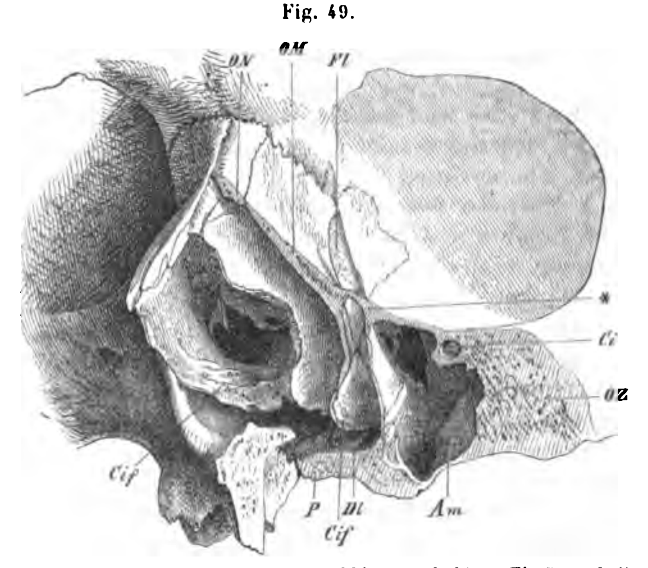
In 100 Theilen: 98,223 Wasser
1,257 Chlornatrium
0,520 { Albumin = 0,504; Salze = 0,016 }
Spuren von Fett
100,000.

§ 31. Nachdem die Thränenflüssigkeit ihren Zweck erfüllt hat, die freie Oberfläche des Bulbus zu befeuchten, wird sie in die Nase abgeführt. Die Thränenwege, welche dazu dienen und die oben (p. 87) schon ganz kurz skizzirt sind, zerfallen in einen häutigen Schlauch und eine knöcherne Röhre, welche ersteren umschliesst.

Ich wende mich zunächst zur Beschreibung der letzteren.

Die knöcherne Röhre, in welcher der Thränenabzugscanal liegt, umfasst
ır die zweite Hälfte desselben, sein erster und wichtigster Theil, der die
gentliche Aufsaugung besorgt, ist nur durch häutige und bewegliche Wände
ngränzt. Der Anfang des knöchernen Thränencanals besteht aus einer Halb-
ınne, der *Fossa lacrymalis*, welche schon oben § 3. ausführlich beschrieben
nd in Fig. 3 abgebildet ist. Sie liegt, wie dort erwähnt, dicht hinter dem
tand der Augenhöhle an deren medialer Wand. Der Schluss der Thränengrube
u einem vollständigen Rohr vollzieht sich dadurch, dass die untere Wand der
ugenhöhle von der lateralen Seite herantritt und so die bis dahin fehlende Um-
andung bildet. Dieser Eingang, 5 Mm. im Durchmesser haltend, ist in Fig. 2
nit der Bezeichnung *Cl* abgebildet. Er liegt in einer mit dem Orbitalrand paral-
elen Linie, ist also lateral abwärts geneigt. Er besitzt nur lateral einen scharfen
Rand, der vom Oberkiefer nach vorne und vom *Hamulus ossis lacrymalis* nach
hinten gebildet wird, während sich an der medialen Seite die Hohlrinne der
Thränengrube ohne Gränze direkt in die Wand des Canales fortsetzt. Zur Herstellung des letzteren werden drei verschiedene Knochen benutzt, das Oberkieferbein, das Thränenbein und das Muschelbein. Der weitaus grösste Theil des Canales gehört dem Oberkiefer an. Wie derselbe schon die laterale Umgränzung des Einganges bildet, so bildet er auch die laterale Wand des Ganges. Von der Halbrinne aus, die so die Nasenfläche dieses Knochens furcht, biegen sich zwei Knochenplättchen von vorn und hinten her kommend, einander entgegen, von vorne der *Margo lacrymalis* des Stirnfortsatzes, von hinten die *Lunula lacrymalis* des Körpers vom Oberkiefer. Sie bilden so die vordere und hintere Wand des Canales und tragen noch zur Herstellung der medialen Wand bei, indem ihre freien Ränder hier einander so nahe kommen, dass sie sich in manchen Fällen fast berühren (Fig. 49). Es bleibt nun

Fig. 49.



Schädel von vorne, etwas nach rechts und hinten gedreht. — Ein Sägeschnitt ist durch die linke Gesichtshälfte bis zur Mittellinie in der Art schräg nach hinten und unten gelegt, dass der Thränennasenkanal eröffnet ist; nur am Eingang ist eine dünne Knochenspange * der vordern Wand stehen geblieben. *ON* Durchschnitt des linken Nasenbeines; *OM* Durchschnitt des Processus frontalis des linken Oberkiefers; *OZ* Durchschnitt des linken Wangenbeines; *P* Durchschnitt der linken Hälfte des harten Gaumens. *Fl* Fossa lacrymalis; *Dl* Ductus lacrymalis; der Strich ist gerade bis zu der Stelle geführt, wo sich die Naht befindet, welche den Processus ethmoidalis des Thränenbeines, den Processus lacrymalis der unteren Muschel, die Lunula und den Margo lacrymalis des Stirnfortsatzes vom Oberkiefer verbindet. *Cif* Concha inferior. *Am* Kieferhöhle. *Ci* Durchschnitt des Canalis infraorbitalis.

aber noch ein sanduhrförmiger Raum an der medialen Seite, der von and‑
Knochen geschlossen wird. Von oben kommt hier das Ende des Thränenb‑
herab, welches sich zwischen die beiden Fortsätze des Oberkiefers einkeilt. V
unten herauf kommt der *Processus lacrymalis* des Muschelbeines, welches d‑
unteren Rand des Thränenbeines erreicht, sich mit demselben in einer Naht v‑
bindet (Fig. 49 *Dl*) und so den Canal vollständig schliesst. Die untere Mündu‑
des Canales liegt dicht unter dem angehefteten Rand der unteren Muschel.

Die Betheiligung der einzelnen Knochen an der Bildung des Canales ist vielen Vers‑
denheiten unterworfen. Je nachdem der eine oder der andere Theil prävalirt, werden
übrigen zurückgedrängt. So hat man beobachtet, dass das Thränenbein sich überhaupt ni‑
an der Herstellung des Canales betheiligt, ja sogar, dass es vollständig fehlt und durch F‑
sätze des Stirnbeins und Oberkiefers ersetzt wird (GRUBER). Ebenso erscheint auch der *Pr‑
cessus lacrymalis* der Muschel oft sehr reducirt und die Oberkiefertheile an der media‑
Wand beträchtlich vergrössert.

Die Richtung des Canales weicht in doppeltem Sinne von der Verticalen ab
Er wendet sich rück- und dabei medianwärts. Seine Länge ist sehr gering, si‑
pflegt 10—12 Mm. nicht zu übersteigen (Fig. 49). Seine laterale Wand ist al‑
Hervorwölbung im Innern der Kieferhöhle sichtbar.

§ 32. Die häutigen Thränenwege nehmen ihren Anfang mit kleinen kreis‑
runden Oeffnungen, den Thränenpunkten (*Puncta lacrymalia*), welche sich dicht
neben dem medialen Ende der Ränder der beiden Tarsi befinden, an der Stelle
an welcher der freie Lidrand eben endet. Schon kurz vorher nähern sich die
beiden Lippen desselben allmählig und treffen dann in dem Thränenpunkte zu‑
sammen, an dessen medialer Seite dann sogleich die Ausbiegung des Thränen‑
sees beginnt.

Die Thränenpunkte sind über das Niveau des Lidrandes wellenartig erhöht.
Sie stehen auf kleinen hügelartigen Erhabenheiten, den Thränenpapillen, die
aus hartem, mit der Substanz der Tarsi fest verwachsenem Bindegewebe beste‑
hen und dadurch das Lumen der Thränenpunkte stets offen erhalten. Thränen‑
punkte und Papillen zeigen sich an beiden Lidern nicht ganz gleich gebildet. Am
unteren Lide findet sich eine etwas kürzere, breite und gedrungene Papille, und
ein etwas weiterer Thränenpunkt. Am oberen Lid ist die Papille schlanker und
schmaler und der Thränenpunkt enger, hier etwa 2—2,5 Mm. im Durchmesser
betragend.

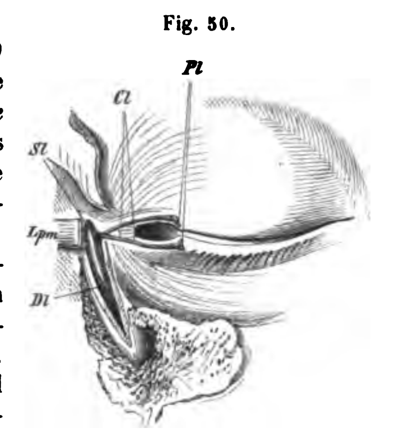
Die Farbe der Papillen pflegt etwas heller zu sein, als die der Umgebung.
Bei älteren Leuten treten sie deutlicher hervor, als in der Jugend.

Was die topographische Lage der Thränenpapillen betrifft, so liegen sie so,
dass sie bei geöffneten Lidern genau die Gränzlinie zwischen dem Bulbus und
dem Beginne des Thränensees einnehmen. Sie sehen rückwärts und liegen mit
ihrer Spitze auf dem lateralen Theil der *Plica semilunaris*. Die Papille des oberen
Lides sieht, wie kaum bemerkt zu werden braucht, auch abwärts, die des unte‑
ren aufwärts. Beim Lidschlusse gleitet nun der Thränenpunkt des oberen Lides
so, dass er genau sein Verhältniss zu den umliegenden Theilen beibehält. Er
geht auf der *Plica semilunaris* wie auf einer Schiene abwärts. Der untere Thrä‑
nenpunkt dagegen beschreibt nicht den Bogen, den die *Plica semilunaris* macht,
sondern geht in der Verticallinie aufwärts, tritt dadurch auf das Weisse im Auge,

h. also auf den Bulbus, und so liegt denn die untere Papille, wenn der Lid-
aluss vollendet ist, ganz dicht an der lateralen Seite der oberen.

Die Thränenpunkte führen in die Thränencanälchen [1], welche kleine Gänge
ırstellen, die in der Hautfalte, die den Thränensee umgrenzt, verlaufen. Ihre
chtung ist zuerst eine senkrechte, gegen den Lidrand gestellte, etwas median-
ärts abweichende. Nachdem sie so etwas über einen Millimeter in die Tiefe
es Lides eingedrungen sind, wenden sie sich rein medianwärts und weichen
ısofern von der horizontalen Lage ab, als sie auf ihrem Wege nach dem Thrä-
engang gegen das Ende des medialen Augenwinkels convergiren. Zugleich sind
e, wie die Hautfalte, welche sie beherbergt, etwas convex, das obere aufwärts,
as untere abwärts (Fig. 50). Ihre Wand besteht aus einem mächtigen geschich-
eten Pflasterepithel, einer Basalmembran und einer Propria. Nächst diesen drei
ıchichten folgen die oben erwähnten Fasern des *M. orbicularis oculi*, von denen
lie Röhrchen wie von einem Mantel umgeben sind Doch ist diese Schichte,
o wie auch die äussere Haut, welche sie bedeckt, so dünn, dass man eine
lunkle Borste, die man in das Thränenröhr-
chen eingeführt hat, durchschimmern sieht.

Fig. 50.



Die mit Wachs ausgegossenen Thränenwege von vorne geöffnet. Der Wachsausguss freigelegt. *Pl* Thränenpunkte. *Cl* Thränenröhrchen. *Sl* Thränensack. *Dl* Thränengang. *Lpm* Ligamentum palpebrale mediale am Beginn des Thränensackes abgeschnitten.

Dadurch, dass sie in der auf Fig. 50
largestellten Weise convergiren, treffen sie
ninter dem *Ligamentum palpebrale mediale*
(*Lpm*) endlich zusammen. Je nachdem dies
etwas früher oder später geschieht, bilden sie
entweder ein vereinigtes, etwa 2—3 Mm. langes Endstück, Fig. 50, oder münden getrennt,
aber ganz dicht aneinander liegend in die laterale Wand des Thränensackes ein. In diesem
Fall liegt die Oeffnung des oberen Thränenpunktes stets oberhalb der des anderen.
Eine getrennte Mündung in den Thränenkanal
wird weit häufiger beobachtet, als eine gemeinschaftliche. So fand Huschke die letztere nur in
14 Procent der von ihm untersuchten Fälle.
Auch in der allerdings nicht so bedeutenden
Anzahl von Präparaten, die ich untersuchte,
überwog die Zahl der mit doppelter Mündung
versehenen Thränenröhrchen sehr.

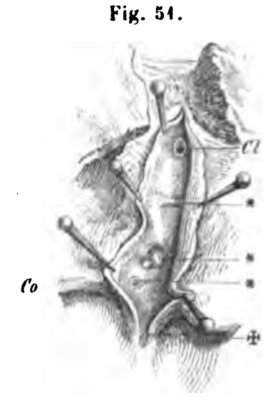
Ob diese Verhältnisse in Frankreich andere sind, wie es Sappey vermuthet, muss noch dahingestellt bleiben, jedenfalls stehen sich das deutsche und französische Heerlager schon seit alter Zeit in dieser Frage gegenüber, bei den Deutschen wird seit Rosenmüller die Fahne der Doppelmündung, bei den Franzosen seit Malgaigne, die der einfachen Mündung hoch gehalten. Die letzten beiden Untersucher Bochdalek ein Böhme und Lesshaft, ein Russe, schliessen sich den Franzosen an.

Die Eintrittsstelle der Thränenröhrchen in den Thränenkanal ist normaler

[1] Synon. Canalicul. lacrymal. super. und infer.; Cornua limacum; Spiramenta; Hirqua; Ductus laterales lachrymarum (Rosenmüller); Thränenröhrchen.

Weise so, wie sie auf der nebenstehenden Fig. 51 dargestellt ist. In einem ringförmigen, kraterähnlich vertieften Hautwulst, der dann eine Art Papille, wie an der Einmündungsstelle des *Ductus choledochus* und *pancreaticus* in den Darm darstellt, treffen die beiden Canälchen zusammen. Die Länge der Thränencanälchen beträgt bis zu 10 Mm. Das obere soll nach den Angaben vieler Beobachter das längere und engere sein. Doch möchte ich glauben, dass ein wirklich durchgreifender Unterschied zwischen beiden nicht herrscht. Wie wenig constant diese Verhältnisse sind, wird durch BOCHDALEK's Angabe bewiesen, der im Gegensatz zu den anderen Beobachtern, das untere Canälchen länger findet.

Fig. 51.



Linker Thränennasenkanal. Knöcherne Wand von der Nasenseite aus aufgebrochen. Der häutige Canal ist aufgeschnitten und mit Nadeln ausgespannt, so dass die laterale Wand desselben sichtbar ist. -- *Cl* Von einem Hautwall umgebene Einmündungsstelle der Thränenröhrchen. *** Unebenheiten der Schleimhautfläche. Das oberste Sternchen bezeichnet die gewulstete Verdickung an der Gränze zwischen Thränencanal und -Gang. Die beiden anderen deuten auf unregelmässige Divertikel. + Ende der ovalen Nasenmündung des Thränennasenganges und Anfang des Schnittes. *Co* Durchschnitt der unteren Muschel.

Das Lumen der Thränencanälchen wechselt mit deren äusserer Form. Der Eingang im Thränenpunkte wird von einem ganz kleinen Trichter gebildet (FOLTZ), von dem man sich auf mikroscopischen Frontalschnitten der Lider überzeugen kann. In der Tiefe desselben findet sich die eigentliche Eingangsöffnung in das Canälchen. Sie stellt die engste Stelle desselben dar und hat einen Durchmesser von 0,5 Mm. Von hier aus erweitert sich das Canälchen flaschen- oder birnförmig[1], fast auf das Doppelte des Lumens der Eingangsöffnung und schliesst gegen oben, resp. unten blind und ausgebaucht ab. Aus der medialen Seite dieses Blindsackes geht nun das eigentliche transversale Thränenkanälchen hervor, welches nun bis zu seinem Ende einen ziemlich gleichmässigen verticalen Durchmesser von etwa 0,6 Mm. behält. Das Lumen ist hier nämlich nicht kreisrund, sondern von vorn nach hinten comprimirt, so dass sich auf dem Durchschnitt nur eine vertical stehende Spalte mit sehr geringem sagittalem Durchmesser findet. Auch das birnförmige Anfangsstück ist schon, wenn auch in viel geringerem Grade von vorn nach hinten comprimirt.

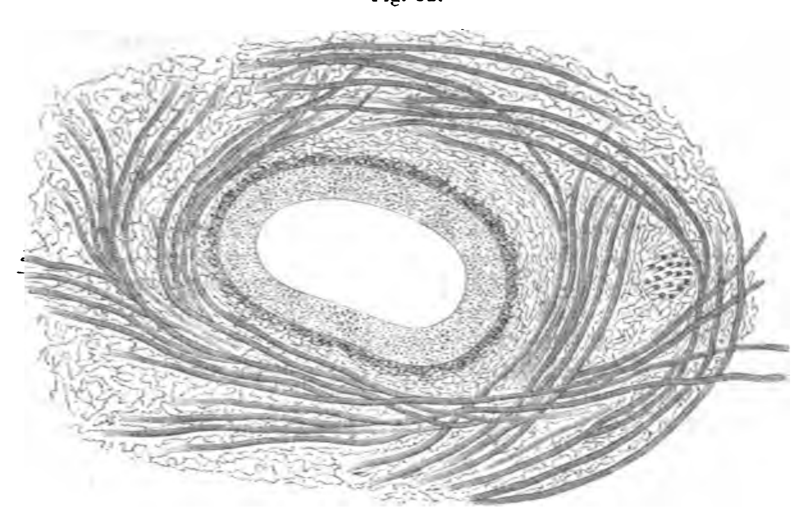
Bei der Dünne der Wand der Thränenkanälchen ist es nicht zu verwundern, dass sie bedeutend über ihr natürliches Lumen ausgedehnt werden können, es ist dies bis zu einem Durchmesser von 1,5 Mm. möglich.

Ob auf der anderen Seite eine Verengerung im Leben möglich ist, darüber wurde schon viel debattirt. Es ist hier nicht der Platz zu entscheiden, ob die zahlreichen Muskelfasern, welche parallel der Längsaxe der Canälchen liegend, sie mantelförmig einhüllen, eine Verengerung derselben verursachen können, es mag dies dem Kapitel über die Physiologie der Thränenorgane vorbehalten bleiben. Nur über die ebenfalls viel ventilirte Frage, ob eine Verengerung des Lumens der Thränenpunkte, d. h. also der Eingangsöffnung in die Canälchen möglich ist, lässt sich schon durch die anatomische Be-

[1]) Ampulla canaliculi lacrymalis, SAPPEY.

rachtung eine entscheidende Antwort geben. Wie das nebenstehende Bild Fig. 52 zeigt, biegen von den transversal verlaufenden Bündeln des *M. orbicularis* einige ab, um schlingenförmig den Thränenpunkt zu umkreisen. Es wird da-

Fig. 52.



Querschnitt des Fusses der Thränenpapille. Der Schnitt ist parallel dem Lidrand geführt. Das Lumen des Thränenröhrchens ist von schlingenförmigen Orbicularisfasern umgeben, welche einen Sphincter bilden.

durch ein vollständiger Sphincter hergestellt, welcher natürlich auch im Stande sein wird, eine verengernde Wirkung auf das Lumen auszuüben.

Während man früher vielfach die Ansicht aufstellte, dass eine Veränderung des Lumens der Thränenpunkte möglich sei, haben sich die Publicationen der neueren Zeit ganz allgemein dahin entschieden, dass eine solche Möglichkeit nicht existire, und es ist merkwürdig, dass bei der physiologischen Wichtigkeit der Thatsache, sich bis jetzt Niemand die Mühe genommen hat, durch ein paar mikroscopische Horizontalschnitte des Thränenpunktes eine endgültige Entscheidung zu geben.

Die Wand der Thränenkanälchen wurde von einzelnen Untersuchern als mit Ausbuchtungen und Einschnürungen versehen, selbst mit Klappen ausgestattet dargestellt, deren eine von Foltz im verticalen Stück des Röhrchens beschrieben wird, während Bochdalek ein ringförmiges, in der Mitte durchbohrtes Kläppchen am Eingang in den Thränenpunkt gefunden haben will. Von alledem sah ich an gesunden Canälchen niemals etwas. Auch Hyrtl's neueste Beschreibung, der den Thränencanälchen ein spiralförmig gedrehtes Lumen zuschreibt, kann ich nicht bestätigen und muss glauben, dass er die von ihm abgebildeten Formen künstlich durch allzupralle Füllung mit starrer Injectionsmasse erzeugt hat.

Varietäten der Thränencanälchen sind mehrfach beobachtet und beschrieben worden.

Was zuerst die Thränenpapillen betrifft, so differiren sie nach Form und Grösse beträchtlich. Sie können sich bis zu 3 Mm. Höhe und darüber erheben, sie können auch fast ganz verstreichen (Bochdalek).

Die Thränenpunkte [illegible] immer auf der Spitze der Papille. [illegible] auf der [illegible] Seite [illegible] Bochdalek.

[illegible] der Thränenpunkte und im Anschluss daran der Th[illegible] wurde [illegible].

[illegible] Thränen[illegible] [illegible] Lid [illegible] zu [illegible] Papille [illegible] Lides [illegible] Verlauf [illegible] ein [illegible] zwei [illegible] Lides [illegible] Verlauf zu [illegible] Unterseite. Das [illegible] Mm. [illegible] Thränenpunkt ein zweiter, vom [illegible] auf einer [illegible] Erhabenheit [illegible]. Das zugehörige Ca[illegible] oberhalb der Mündung des normalen [illegible] in den T[illegible]. Im zweiten Falle fand sich 4 Mm. nach innen vom normalen Thränenpunkt und 2 [illegible] vom innern Lidwinkel unmittelbar vor der *Carunc. lacrym.*, gerade auf der Uebergangs[illegible] der Haut in die Conjunctiva, ohne irgend welche Erhabenheit, ein ovaler, 1 Mm. langer S[illegible], der zu einem dicht unter der Haut und parallel mit dem normal verlaufenden Canal[illegible] führt. Bochdalek (Prager Vierteljahrschrift 1866. 90. Bd.) sah ebenfalls zwei Fälle. Bei[m] ersten lagen am rechten oberen Lid drei Thränenpunkte, zwei davon waren so gelagert, [illegible] der eine dicht neben dem anderen, medial und etwas weiter nach hinten, dem Thränen[illegible] zu liegt. Die beiden Röhrchen vereinigten sich etwas mehr als 1''' vom Thränensack entfer[nt] unter einem sehr spitzen Winkel. Das hintere Canälchen ist etwas enger als das eigentl[iche] Thränenröhrchen. Der dritte Thränenpunkt war länglich und von $\frac{1}{4}$''' Durchmesser; er sa[ss] an der inneren, oberen Seite der *Carunc. lacrym.* und öffnete sich in das erwähnte anoma[le] Nebencanälchen nach $\frac{1}{2}$''' langem Verlauf. Der zweite Fall bezog sich auf das untere Lid ein[es] linken Auges. Der eigentliche Thränenpunkt stand an der gewöhnlichen Stelle. Der kleine[re] war mehr auf der vorderen Seite des Wärzchens und führte in ein nur $1\frac{1}{2}$''' langes, kaum $\frac{1}{5}$''' weites nach innen gegen den Augenwinkel gerichtetes, blind geschlossenes Kanälchen. Der kleine Thränenpunkt zeigte keine deutliche, trichterförmige Vertiefung, sondern klaffte unmittelbar in das verticale Anfangsstück hinein.

Der Thränennasengang, welcher sich an die Thränencanälchen anschliesst, besteht in seiner ganzen Länge aus einer fibrösen Grundlage, die mehr oder weniger gefässreich, mit dem unterliegenden Periost mehr oder weniger innig verbunden ist. Auf ihr liegt die Schleimhaut, welche aus conglobirtem Gewebe und einem Cylinderepithelium besteht, auf welchem ich ebensowenig wie R. Maier Flimmercilien nachweisen konnte. Dasselbe geht weiter unten in das geschichtete Pflasterepithel des Naseneinganges über. Am unteren Ende des Canales sieht man in der fibrösen Masse zwischen Schleimhaut und Periost Venen in reichlicher Menge verlaufen, die eine Fortsetzung des cavernösen Gewebes der Schleimhaut der unteren Muschel sind (Henle). Ob dieses Gewebe dazu beitragen kann, die Ausgangsöffnung des Thränenkanales zu verschliessen, konnte ich nicht eruiren, da mir alle Versuche, diese Venen zu injiciren bis jetzt fehlschlugen.

Man hat den Thränengang von Alters her in zwei Theile unterschieden. Der erste, welcher in der Thränengrube liegt, nur an der medialen Seite eine knöcherne Wand hat und oben kuppelförmig geschlossen ist, heisst der Thränensack, *Saccus lacrymalis.* [1]) Der zweite Theil, welcher in dem zur vollständigen Röhre

[1]) Synon. Utriculus lacrymalis, infundibulum.

geschlossenen knöchernen Canale liegt, wird Thränengang, *Ductus lacrymalis* [1]) im engeren Sinn genannt. In dem Bau der Schleimhaut und des Canales überhaupt findet sich durchaus kein Anhaltspunkt, der dazu berechtigt, die beiden Abtheilungen zu trennen, da aber doch die knöcherne Wand, wie auch die Weite des Lumens sich ändert, und da trotz mancher Versuche, die erwähnte Eintheilung zu beseitigen [2], die Praxis doch stets an derselben festgehalten hat, so ist es nöthig sie auch für die Zukunft beizubehalten.

Der Thränensack füllt die *Fossa lacrymalis* fast vollständig aus, und wenn er auch nur an seiner medialen Seite eine wirklich knöcherne Umgebung hat, so mangelt es doch auch der lateralen Wand nicht an genügendem Schutze, indem sich hier die Periorbita von einer *Crista lacrymalis* zur andern herüberspannt und so den Canal deckt. Es wird durch dieses Verhalten des Periostes die mediale Wand der Augenhöhle vollständig ausgeglättet, so dass man beim Reinpräpariren derselben die Stelle des Thränensackes nur an den einmündenden Thränenröhrchen und an der röthlichen Farbe der durchschimmernden Schleimhaut erkennt.

Die Form des etwa 12 Mm. langen Thränensackes ist durch die ihn umgebenden starren Wände vollständig vorgezeichnet. Er wiederholt sie fast ganz, nur ganz hinten und oben und ganz vorn und unten findet neben ihm noch wenig lockeres Bindegewebe Platz. Er stellt also einen Blindsack dar, welcher nach oben geschlossen ist und sich hier stark verjüngt. Man bezeichnet diese Stelle mit dem Namen Grund des Thränensackes, *Fundus sacci lacrymalis* [3]. Auch nach unten verjüngt er sich etwas, so dass seine weiteste Stelle in der Mitte liegt. Sein Lumen ist seitlich comprimirt und stellt auf dem Durchschnitt ein Oval dar, welches seinen langen Durchmesser sagittal gestellt hat. Derselbe misst etwa 5 Mm., während der transversale Durchmesser eine Länge von 4 Mm. erreicht.

Was die topographischen Verhältnisse betrifft, so ist die Lage des Thränensackes gegen die Orbita und den *M. obliquus inferior* schon in den bezüglichen Capiteln betrachtet worden, und es ist nur noch nöthig, mit kurzen Worten seines Verhaltens gegen das *Ligamentum palpebrale mediale* zu gedenken. Dasselbe ist in seinem vorderen Schenkel untrennbar mit dem Thränensack verwachsen (s. oben p. 72) und schützt ihn deshalb in der wirksamsten Weise gerade an der Stelle, wo er der Gesichtsoberfläche am nächsten liegt. Er befindet sich vor seiner oberen Hälfte, also an der Stelle des medialen Orbitaleinganges, wo ein erhöhter Augenhöhlenrand fehlt. Der Grund des normalen Thränensackes überragt das Ligament entweder gar nicht, oder doch nur sehr wenig (Fig. 53), und nur wenn man durch gewaltsam eingetriebene Injectionsmasse oder durch ähnliche Mittel den Thränensack stark ausdehnt, überragt der ganze Fundus das Ligament. Zwischen dem unteren Rand des Lidbandes und dem Eingang in den knöchernen Canal, bleibt der Thränensack von vorn her eine Strecke weit un-

---

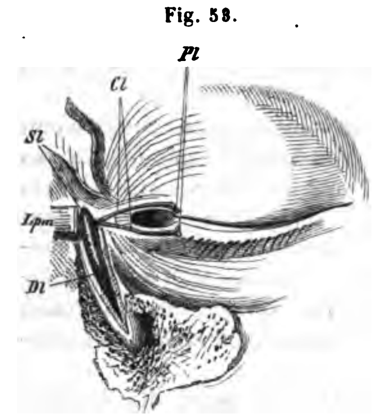
[1] Synon. Ductus naso-lacrymalis, ductus nasalis, canalis lacrymalis membranaceus.

[2] Besonders hat sich v. Hasner sehr entschieden gegen die alte Nomenclatur erklärt und hat die Namen Orbital-Maxillar-Nasalportion vorgeschlagen. Der einzige Gewinn dieser Neuerung, wenn sie angenommen worden wäre, würde der gewesen sein, dass man statt zweier Namen deren drei gehabt hätte.

[3] Synon. Finis coecus sacci lacrym.

beschützt, doch springt hier der untere Orbitalrand bereits soweit vor, dass dadurch eine genügende Deckung gegeben ist.

Fig. 58.



Die mit Wachs ausgegossenen Thränenwege von vorne geöffnet. Der Wachsausguss freigelegt. *Pl* Thränenpunkte. *Cl* Thränenröhrchen. *Sl* Thränensack. *Dl* Thränengang. *Lpm* Ligamentum palpebrale mediale am Beginn des Thränensackes abgeschnitten.

Die Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack findet sich, wie oben schon erwähnt, an der lateralen Seite des letzteren, etwas mehr nach hinten (Lesshaft) in der Gegend der transversalen Halbirungslinie des Lidbandes (Fig. 53). Es ist dies die Stelle an welcher sich Grund und eigentlicher Thränensack scheidet; sie pflegt 1,5—2,0 Mm. von dem Ende der Kuppel entfernt zu sein.

Der von Arlt beschriebene Recessus des Thränensackes nach vorne an der Stelle zwischen Lidband und Knochenrand wurde nicht in vorstehende Beschreibung aufgenommen, da ich ihn nicht für gewöhnlich und normal erklären kann, obgleich ich ihn an mehreren meiner Präparate sehr gut ausgebildet fand.

Der häutige Thränengang schliesst sich als direkte Fortsetzung an den Thränensack an. Sein Eingang ist, soweit der Canal im Knochen verläuft, auch seine engste Stelle. Es findet sich hier meist eine wulstige Erhebung der Wand, welche an der lateralen Seite liegt und durch eine Verdickung des Periostes der scharfrandigen Eingangsöffnung hervorgebracht wird (Henle). Der Durchmesser dieser Eingangsmündung beträgt etwa 3 Mm.

Was die Gestalt des Lumens des Thränenganges betrifft, so ist es meist ganz dem des Thränensackes gleich. Oft aber findet man den Querschnitt statt oval von fast kreisrunder Form.

Die innere Oberfläche des Canales ist oft ganz glatt, ebenso oft aber zeigt sie Divertikel, die nicht selten taschenförmig sind und die einer eindringenden Sonde leicht Hindernisse in den Weg legen können (Fig. 51).

Hat der Canal das untere Ende seiner knöchernen Röhre erreicht, so endet er normaler Weise noch nicht sogleich, sondern er setzt sich, die Schleimhaut des unteren Nasenganges schräg durchziehend, noch eine verschieden lange Strecke fort, um zuletzt in einer längsovalen Spalte zu enden (Fig. 51). Dieselbe ist nur schwer zu sehen und zeigt sich an der aufgesägten Nasenhöhle nur dann, wenn man den bedeckenden Schleim sorgfältig entfernt hat.

Das Lumen des Canals wird in diesem Endstück meist klein und ganz comprimirt, da ja die Wände ohne weiteren Halt nur aus der Schleimhaut bestehen[1]). Die Mündung des Canales in der Nasenhöhle ist manchen Variationen ausgesetzt, je nachdem die mediale Wand mehr oder weniger ausgebildet ist, und so findet

---

[1]) Dieses Fehlen des Lumens hat v. Hasner Veranlassung gegeben, die mediale Wand des Canales als eine Klappe aufzufassen, die das Ende des Canales, welches er mit dem Ende der knöchernen Röhre zusammenfallen lässt, verschliesst. Es ist diese Deutung übrigens nicht neu, auch Morgagni und Rosenmüller äussern sich schon in der gleichen Weise.

man Oeffnungen in der verschiedensten Grösse, bis herauf zu einem Loche von dem Durchmesser des in der knöchernen Röhre liegenden Ganges.

Nach den Untersuchungen von SERRES soll der linke Thränengang meist enger sein, als der rechte. Im Alter soll nach HYRTL der Gang sich stets erweitern und soll selbst das Doppelte seines normalen Lumens erreichen können.

Seine Länge ist je nach der Länge des Verlaufes in der Schleimhaut sehr verschieden. Sie beträgt wohl niemals weniger als 10—12, und nie mehr als 22—24 Mm., im Mittel etwa 15 Mm. Seine Weite ist in sagittaler Richtung gewöhnlich 4 Mm., in transversaler etwas geringer.

Kein Theil des Sehapparates wurde so vielen Untersuchungen unterworfen, wie gerade die Thränenwege, und so ist es nicht zu verwundern, dass in den über diesen Gegenstand veröffentlichten Abhandlungen alle wichtigen und unwichtigen Kleinigkeiten, die in diesem an Varietäten reichen Organe gefunden werden, eine allseitige Beleuchtung erfahren haben. Besonders sind es von jeher die als Klappen bezeichneten Falten der Schleimhaut gewesen, welche das Interesse der Forscher erregten.

Ein Ueberblick über die in der Literatur aufgezeichneten Fälle lehrt nun, dass die drei Stellen, welche in der vorstehenden Beschreibung besonders betont wurden, nämlich die Einmündung der Thränenröhrchen, der Uebergang vom Sack in den eigentlichen Canal und die Nasenmündung des letzteren auch allen diesen Klappenbeschreibungen zu Grunde liegen. Nur der Mangel an Erkenntniss des wirklich Normalen hat zu den vielen entgegengesetzten Ansichten geführt.

Unternehme ich es eine kurze Uebersicht der in der Literatur verzeichneten Klappen mit ihrer richtigen Erklärung zu geben, so beginne ich mit der obersten Stelle.

1) Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack.

Hier ist die eigentliche Norm (s. oben) eine Art Papille, ähnlich dem sogenannten *Diverticulum Vateri* im *Duodenum*. Schon MECKEL und nach ihm auch KRAUSE, BÉRAUD und LESSHAFT haben sich von dem Vorkommen derselben überzeugt. Ist nun der obere Theil vielleicht etwas grösser, oder wird er auch nur mehr beachtet, so hat man die obere Klappe mit dem freien Rande nach unten, wie sie ROSENMÜLLER, ROSAS, wie es scheint auch ARLT annimmt, wenn er von einer dem Urether ähnlichen, schiefen Durchbohrung der Wand spricht. Wird der untere Theil des Diverticels mehr beachtet, dann entstehen die Beschreibungen, wie sie HUSCHKE, ARNOLD, BÉRAUD, FOLTZ lieferten, die eine untere mit dem freien Rande nach oben sehende Klappe beschreiben.

2) Einmündungsstelle des Thränenschlauches in den Thränencanal.

Hier ist, wie oben bemerkt wurde, die Schleimhaut meist an der lateralen Seite gewulstet, wie dies HENLE besonders betont. Es ist eine scharfe Accentuirung des »Wulstes« aber auch sehr wichtig, da sich ein solcher für die Physiologie sowohl, wie auch für den therapeutischen Eingriff bedeutend von einer wirklichen Falte oder Klappe unterscheidet. Eine einfache Strictur oder Stenose wird natürlich der eindringenden Sonde weit weniger Widerstand entgegensetzen, als eine taschenartige Duplicatur der Schleimhaut. Schon ZINN und nach ihm KRAUSE, R. MAIER und andere betonen das Fehlen einer eigentlichen Hautfalte und auch die Verfechter einer solchen, wie BÉRAUD und LESSHAFT finden sie nicht constant. Es ist aber mehrfach beobachtet, dass sich als Varietäten Schleimhautfaltungen mit der Wulstung des unterliegenden Periostes verbinden können, so fanden ARLT und BOCHDALEK circuläre Falten an dieser Stelle, der letztere selbst einen vollkommenen Abschluss des Sackes gegen den Canal durch eine Schleimhautplatte, die nur von einer haarfeinen Oeffnung schief durchbohrt war.

3) Mündung des Thränenganges in die Nase.

Das normale Verhalten an dieser Stelle ist derart, dass der Gang noch eine Strecke weit die Schleimhaut schief durchzieht nnd zuletzt mit einer etwa 2 Mm. hohen, 1 Mm. breiten

Oeffnung endet. Dass die mediale, des knöchernen Schutzes entbehrende Wand nicht die Funktion einer Klappe ausübt, wie es Rosenmüller, v. Hasner und deren Anhänger wollen, bedarf keiner weiteren Ausführung; sämmtliche neuere Beschreibungen gestehen dies zu.

Diese freie Wand kann nun aber sehr verschieden entwickelt sein, wie oben erwähnt. Von einem Loch von der Weite des Ganges selbst bis zum schmalen, sehr schwer sichtbaren Spalt, finden sich alle Möglichkeiten vor. Von der Mündung geht nicht selten eine kleine Furche als deren Fortsetzung aus, welche fast bis zum Boden der Nasenhöhle reichen kann. Die Oeffnung stellt auch nicht immer ein Längsoval dar, oft findet man statt dessen eine schiefe oder quere Spalte, manchmal ist die Mündung kreisrund oder halbrund; selbst dreieckige Oeffnungen wurden beobachtet. Ja es sind sogar Fälle bekannt geworden, in welchen sich statt einer einzigen, zwei Oeffnungen vorfanden, die durch eine Schleimhautbrücke getrennt waren.

4. Schliesslich ist noch der ganz zufällig an den verschiedensten Stellen vorkommenden Falten und Diverticel zu gedenken, welche in diesem an Varietäten so reichen Organ in grosser Zahl beobachtet sind. Querfalten, die selbst ringförmig sein konnen, hat man an allen Stellen des Thränenganges beobachtet. Oefters fanden sich diese Klappen auch durchbohrt. Die Durchlöcherung kann so weit gehen, dass nur der freie Rand stehen bleibt, und dann erscheinen strangförmige Trabekeln, welche mehrfach beschrieben worden sind. (Bochdalek, Krause u. A.) Auch Längsfalten sind zahlreich beobachtet worden. So fanden Bochdalek und Hyrtl Spiralfalten, welche den Canal in seiner ganzen Länge durchziehen. Luschka und Rosenmüller erwähnen einer Varietät, bei welcher der Thränensack seiner ganzen Länge nach entweder sagittal oder schief von vorn und aussen nach hinten und innen getheilt war. Stets öffneten sich die Thränenröhrchen in Bochdalek's Fällen in die hintere innere Hälfte des getheilten Thränensackes.

Ueber Verlauf und Lage des Thränennasencanales sind nur noch wenige Worte beizufügen. Sein Eingang ist für den Operateur leicht zu erreichen, man braucht nur in der wohl ausgesprochenen Ecke zwischen medialem Lidband und Augenhöhlenrand einzugehen, um ihn unfehlbar zu treffen.

Sein Verlauf weicht ebenso, wie dies schon oben vom knöchernen Thränencanal gesagt wurde, von der Verticalen ab. Er verläuft schief von oben und vorn nach hinten und unten und ist also mit seinem unteren Ende nicht unbeträchtlich zurück. Zugleich wendet er sich mit seinem unteren Theile etwas medianwärts; ist ja diese Biegung eine so geringe, dass er auf dem Frontalschnitt fast gerade nach unten zu verlaufen scheint. Da auch der Thränensack sich etwas medianwärts wendet, so erscheint auf dem Frontalschnitt das ganze häutige Thränenrohr nach aussen convex gebogen. Die stärkste Convexität ist an der Stelle gelegen, an welcher der häutige Canal in den knöchernen eintritt. Neben dieser einen convexen Krümmung zeigt der Canal eine zweite, die erscheint, wenn man einen Sagittalschnitt durch denselben legt. Sie hat ihre Convexität nach vorne gekehrt. [illegible]

Die vorstehende Beschreibung steht am meisten in Einklang mit der von v. Hasner, [illegible]

Die untere Oeffnung des Thränennasenganges [illegible]

sich durch Nachmessen der Pirogoff'schen Durchschnitte (*l. c.*)[1] vollkommen bestätigen lässt. Bei Leuten mit platt gedrückter Nase soll nach POUTEAU diese Mündung weiter zurückliegen, als bei Leuten mit hervortretendem Nasenrücken.

VII. Gefässe.

A. Arterien.

§ 33. Die einzelnen Theile des Sehapparates erhalten ihre Blutgefässe von Aesten beider Carotiden. Die *Art. carotis externa* sendet ihre Zweige vom Gesicht aus zu den Gebilden des Auges, die aus der *Carotis interna* stammende *Art. ophthalmica* dagegen benützt zum Eintritt in die Augenhöhle, wie schon oben flüchtig erwähnt, den *Canalis nervi optici*, sie dringt aus der Schädelhöhle in die Orbita ein. Sie ist die für das Sehorgan weitaus wichtigste Arterie, da sie vor Allem die sämmtlichen Theile des Bulbus versorgt, und soll desshalb zuerst betrachtet werden.

An der Stelle, an welcher die *Carotis interna* am *Canalis nervi optici* vorbeistreicht, bildet sie einen nach dem Canal hin stark convexen Bogen, auf welchem, wie oben erörtert, der Sehnerv noch zur Hälfte aufruht. Hier wird nun aus der Convexität die *Arteria ophthalmica* abgegeben, ein ansehnlicher Ast von etwa 2 Mm. Durchmesser. Die Arterie liegt auf ihrem Weg durch den Canal unter dem Sehnerven, jedoch mehr nach der lateralen Seite zu (Fig. 54).

Während ihres Verlaufes durch den Canal des Sehnerven, versorgt sie diesen letzteren, sowie seine Hüllen und das Periost mit kleinen Reiserchen.

In die Augenhöhle eingetreten, kommt die Arterie an der lateralen Seite des Sehnerven zum Vorschein, schwingt sich sofort in die Höhe und geht zwischen ihm und dem *M. rectus superior* schief durchtretend zur medialen Wand der Augenhöhle. Auf diesem Wege giebt sie die grösste Zahl ihrer Aeste ab und nur wenige verlassen sie auf ihrer weiteren Bahn.

Die sämmtlichen Arterien der Augenhöhle sind dadurch ausgezeichnet, dass sie einen stark geschlängelten Verlauf haben, der sie befähigt, den Bewegungen des Bulbus und der Muskeln zu folgen, ohne eine Zerrung zu erleiden. Sie sind ferner noch dadurch bemerkenswerth, dass sie, wie schon SÖMMERRING wusste, eine besonders zarte Wand besitzen, und zuletzt dadurch, dass sie mit ihrer Umgebung, dem Fett der Orbita, in einer so losen Verbindung stehen, dass es kaum eines Messers bedarf, um sie daraus zu lösen. Ursprung und Verlaufsweise der Zweige der *Art. ophthalmica* sind individuell zu verschieden, um wirklich genau beschrieben werden zu können. Es kommt ja auch in der That nicht darauf an, ob ein Gefäss einige Millimeter weiter hinten oder vorne das Fett der Orbita durchdringt, wenn es nur schliesslich zu seinem Endbezirk gelangt, — und so genügt es, ein Schema zu entwerfen, mag es nun für den einzelnen Fall genau zutreffen oder nicht.

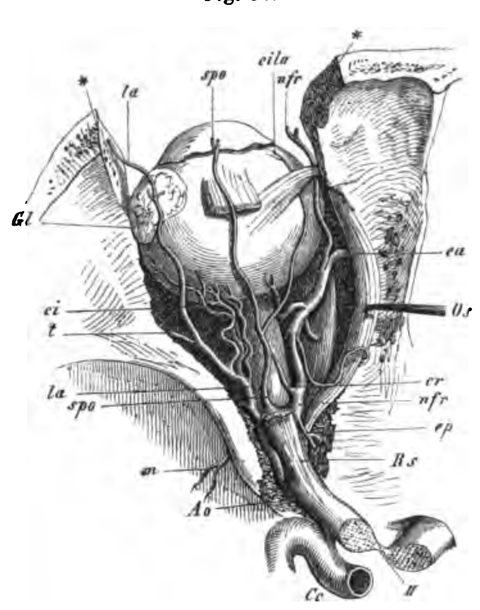
Im Allgemeinen sei noch bemerkt, dass von allen Arterien kleine Aestchen abgehen, die das Fett und die Bindegewebsblätter und Stränge, sowie die Nerven der Augenhöhle versorgen.

---

[1] Vgl. PIROGOFF, Appendix part. I Taf. 5, auf der eine Reihe von Durchschnitten diese Verhältnisse vortrefflich wiedergiebt.

Vorhin wurde schon erwähnt, dass sich die *Art. ophthalmica* nach der medialen Wand wendet und ziemlich dicht an sie angeschlossen, entlang läuft. Die Aeste, welche sie nach der Augenhöhle sendet, müssen die Arterie deshalb alle an der lateralen Seite verlassen, und nur zwei grössere Zweige gehen nach der medialen Seite hin, um aus der Augenhöhle sogleich auszutreten, die beiden *Art. ethmoidales.* Wenn auch der hergebrachte Sprachgebrauch der eben entwickelten Anschauung vom Verlauf der Orbitalgefässe huldigt, so ist eine andere Auffassung, die davon ausgeht, dass die *Art. ophthalmica* schon im Hintergrund des Auges ihr Ende erreicht, vielleicht leichter verständlich. Es besteht hiernach ein Verhältniss, welches dem des Anfangstheils der Aorta nicht ganz unähnlich ist.

Fig. 54.



Augenhöhle von oben geöffnet. ** Schnittränder des Knochens. Verästelung der Arteria ophthalmica *Ao*, aus der Carotis cerebralis *Cc*. *la* Arteria lacrymalis, *spo* Arteria supraorbitalis, *nfr* Art. nasofrontalis. — Aeste der Arteria lacrymalis: *m* Ramus meningeus, *t* Anastomosen zur Arteria temporalis profunda, *ci* Arter. ciliares. — Ast der Arteria supraorbitalis: *cila* Arteria ciliaris anterior. — Aeste der Arteria nasofrontalis: *ep* Arteria ethmoidalis posterior, *ea* Arteria ethmoidalis anterior, *cr* Arteria centralis retinae. *II* Nervus opticus an dem vorderen Rand des Chiasma durchgeschnitten; der linke Nerv. opticus etwas aus seinem aufgemeiselten Canal ausgehoben. Von seiner Scheide entspringt der abgeschnittene M. rectus super. *Rs*. Der M. obliquus super. *Os* ist mit einem Haken etwas zur Seite gezogen. *Gl* Thränendrüse.

Die *Art. ophthalmica* schliesst mit einem Bogen ab, der seine Convexität nach vorne kehrt, es ist das derjenige Theil, welcher schief nach vorne verlaufend, zwischen dem *M. rectus superior* und dem *Nerv. opticus* liegt. Der rückläufige Endast ist die *Art. ethmoidalis posterior* (Fig. 54 *ep*), die durch das gleichnamige Loch der *Lamin. papyracea* gehend, sich in den anliegenden Zellen des Siebbeines verliert. Diese Arterie zeichnet sich dadurch aus, dass sie in ihrem Kaliber ausserordentlich variabel ist. Die aus dem Bogen nach vorne gehenden Aeste sind drei an der Zahl und können in ihrem Ursprung entweder regelmässige Zwischenräume einhalten oder sich zusammendrängen. Am weitesten lateralwärts liegt die *Arteria lacrymalis* (Fig. 54 *la*), dann folgt in der Mitte die *Arteria supraorbitalis* (*spo*), und der stärkste Ast, die eigentliche Fortsetzung des Stammes, der am weitesten medianwärts liegt, ist die *Arteria nasofrontalis* (*nfr*). Diese drei Aeste, welche in der Art symmetrisch angeordnet sind, dass sich die beiden äusseren gleichen, die in der Mitte liegende *A. supraorbitalis* aber ein unpaariges Mediangebilde darstellt, entspringen alle in dem Raum, der sich durch den *N. opticus* nach unten und den *M. rectus superior* nach oben abgränzt. Aber nicht lange bleiben sie hier zusammen, sondern indem sie divergirend ihren Weg

nach der Gesichtsöffnung der Augenhöhle einschlagen, haben sie zugleich dus Bestreben, unter das Dach der Orbita aufzusteigen, woran jedoch die mediale *A. nasofrontalis* gehindert wird, da hier der *Musculus obliquus superior* dicht der Wand angeschmiegt, den Weg versperrt. Diese Arterie hält sich deshalb an den unteren Rand des erwähnten Muskels und kommt erst, nachdem sie vorne unter seiner Sehne durchgetreten ist, nach oben.

Ich wende mich nun zur speziellen Beschreibung des Verlaufes der drei genannten Aeste.

Der erste, am weitesten lateralwärts gelegene Ast, der den Bogen der *A. ophthalmica* verlässt, die *Arteria lacrymalis* (*la*), entspringt kurz nach dem Austritt des Stammgefässes aus dem Sehnervencanal, wendet sich der lateralen Wand der Orbita zu und steigt zwischen den *Mm. rectus superior* und *lateralis*, näher dem letzteren liegend, zur Thränendrüse auf. An deren oberer Fläche, oft noch in ihre Substanz eingebettet, zieht sie nach vorne, der Drüse selbst so viel Aeste abgebend, dass sie an der vorderen Seite bedeutend schwächer an Kaliber dieses Organ verlässt.

Sie tritt nun auf den Lidapparat über und theilt sich hier in ihre beiden Endäste die *Art. palpebralis lateralis superior* und *inferior* (Fig. 55 *pal*). Dieselben anastomosiren oft mit der *A. zygomatico-orbitalis*, versorgen die Haut und Conjunctiva ihres Bezirkes und senden einen stärkeren Ast der zwischen den Fasern des *Muscul. orbicul. palpebr.* und dem Tarsus dicht am unteren Rand des letzteren liegt, zur Anastomose mit den Endästen der *A. nasofrontalis*, wie es unten näher beschrieben werden soll.

Auf ihrem Weg giebt die *Arteria lacrymalis* eine Anzahl von Aesten ab. Zuerst kurz nach ihrem Ursprung sendet sie einige kleine Aestchen (*Rami meningei*, Fig. 54 *m*) durch die *Fissura orbitalis superior* oder durch kleine Oeffnungen in der *Ala temporalis* des Wespenbeins rückwärts zur *Dura mater*. Diese Aestchen anastomosiren mit der im Schädelraum sich verbreitenden *Arteria meningea media*. Dann verlassen etwas weiter vorn einige andere Aestchen die Augenhöhle entweder durch die *Fissura orbitalis inferior* oder den *Canalis zygomatico-temporalis* des Temporalflügels, um mit der *Arteria temporalis profunda ant.* zu anastomosiren (*t*). Auch mit der *A. transversa faciei* werden Aeste ausgetauscht, die am weitesten nach vorne durch den *Can. zygomatico-facialis* die Augenhöhle verlassen.

Was die an der medialen Seite der *Arteria lacrymalis* entspringenden in der Augenhöhle selbst bleibenden Aeste betrifft, so sind sie in ihrer Ursprungsstelle und in ihrem Verlauf weit variabler, als die nach aussen gehenden. Ganz constant findet man Muskeläste zu den *Mm. levator palpebr.*, *rect. sup.* und *lat.* ziehen, auch einige Aestchen zum *Nervus opticus* werden nur selten vermisst. Nicht immer, aber doch häufig, sieht man eine oder mehrere Ciliararterien (*Ci*) aus der *Lacrymalis* entspringen.

Der Ursprung der besprochenen Arterie ist nicht an jedem Präparat so, wie er oben geschildert wurde, sondern sehr häufig fehlt das Anfangsstück von der *A. ophthalm.* bis zu einem der beiden hinteren Anastomosenästen oder, mit anderen Worten, oft entspringt die *Lacrymalis* mittelst dieser Aeste entweder aus der *A. meningea media* und kommt also dann aus der mittleren Schädelgrube durch die *Fiss. sup.* oder die *Ala temporalis* in die Augenhöhle (Vergl. §5. Anm.), oder sie

entsteht, wenn der andere Fall eintritt, aus der *Art. tempor. profund. anterior*, und kommt auf den oben beschriebenen anastomotischen Wegen aus der Schläfengrube in die Orbita.

Die in der Mitte liegende *Arteria supraorbitalis* entspringt an der Stelle aus der *Art. ophthalmica*, wo sie eben über dem *N. opticus* liegt. Sie steigt sogleich in die Höhe, sich um den medialen Rand des *Levator palp.* aufwärts windend und zieht dann mit dem gleichnamigen Nerven unter dem Dach der Augenhöhle entlang, dem Periost und dem *Levator palp.* kleine Aestchen abgebend. Am *Margo supraorbitalis* angekommen, wendet sie sich durch die *Fissura supraorbitalis* (resp. *Foramen supr.*) aufwärts an die Stirngegend, wo sie sich im Periost, in den Muskeln und in der Haut verästelt und mit den von beiden Seiten herkommenden Zweigen der *Art. temporalis superfic.* und der *Frontalis* anastomosirt (Fig. 55 *spo*). Ihr Kaliber wechselt sehr und damit auch ihr Verbreitungsbezirk, welcher bei geringerer Ausbildung der *A. supraorbitalis*, von den beiden eben genannten Arterien versorgt wird.

In der *Incisura supraorbitalis* giebt sie in der überwiegenden Zahl der Fälle einen Ast zur Diploe des Stirnbeines, und gleich nach ihrem Austritt aus der Augenhöhle sendet sie einige Aestchen zum oberen Augenlide, deren einer bis zum medialen Augenwinkel kommt und da mit Aesten der *A. nasofrontalis* anastomosirt.

Die am weitesten medial entspringende *Arteria nasofrontalis*, deren Verlauf oben schon beschrieben wurde, giebt, wie die laterale *A. lacrymalis*, die Augenhöhle verlassende und in derselben bleibende Aeste ab. Behandelt man, wie es hier geschieht, die *Art. ethmoidalis post.* als eigentlichen Endast der *A. ophthalmica*, so ist die *Art. ethmoidalis anterior* der einzige medial ziehende, die Orbita verlassende Ast. Sie tritt mit dem *N. ethmoid.* in das gleichnamige Loch ein, kommt in die Schädelhöhle, wo sie die *Art. meningea anterior* zur Falx abgibt und senkt sich dann durch das vorderste *Foramen cribrosum* in die Nasenhöhle ein, wo sie sich verästelt und mit den *Artt. angularis* und *septi narium* anastomosirt. Die lateralen in der Augenhöhle bleibenden Aeste sind gänzlich variabel und gehen zu den Muskeln, zuweilen auch als *Artt. ciliares* zum Bulbus. Der Schwerpunkt der *Art. nasofrontalis* liegt, wie es schon im Namen wiedergegeben ist, in ihren ausserhalb der Orbita verbreiteten Endästen. (Fig. 55). Nachdem die Arterie unter der Sehne des *M. obliquus superior* zwischen ihr und dem *Lig. palpebr. mediale* durchgetreten ist und den Orbitalrand erreicht hat, strahlt sie nach drei Richtungen in ihre Endäste aus. Der obere Endast *A. frontalis* (Fig. 55 *fr*) benützt die *Incisura frontalis*, wenn sie vorhanden ist, zum Durchtritt und vertheilt sich wie die *A. supraorbitalis* mit tiefen und oberflächlichen Aesten in den Gebilden der Stirngegend. Der untere Endast *Art. nasalis* (*na*) versorgt die Theile des *M. orbicularis oculi*, durch welche er durchtritt, sendet Aeste zum Nasenrücken und verbindet sich in einer starken Anastomose mit der *Art. angularis* (*ang*). Die lateral ziehenden Endäste sind die *Arteriae palpebr. mediales sup.* und *inferior* (*pam*). Sie entspringen oft aus einem gemeinsamen Stämmchen, oft auch sind sie von Anfang an getrennt. Im letzteren Fall geht meistens die *Art. palp. inf.* etwas früher ab.

Nicht selten stellt auch nur die *superior* einen Endast der *A. nasofrontalis* dar, während die *inferior* aus der *A. nasalis* entspringt. Die *Art. palp. med. inf.* anastomosirt mit den Aesten der *Art. infraorbitalis*. Aus dieser Anastomose geht

ein Ast für die Schleimhaut des Thränennasenganges hervor, die ihn bis zu seinem Ende unter der *Concha inf.* versorgt. [1])

Die beiden *Arteriae palpebr.* versorgen auf ihrem weiteren Verlauf die *Caruncula lacrymalis*, den Thränensack, die Muskeln in der Umgebung des letzteren, und die Thränenröhrchen; ferner die mediale Seite der Augenlider und die *Conjunctiva*. Ein stärkerer Zweig geht dem freien Ende des *Tarsus* entlang, zwischen ihm und dem Muskel liegend und verbindet sich mit dem gleich verlaufenden Ast aus der *A. lacrymalis* zum *Arcus tarseus sup.* und *infer.* (Fig. 55 **), aus welchen die Aeste für die Drüsen und Muskeln des Lidrandes hervorgehen.

Fig. 55.

Aeussere Arterien des Auges und der Lider. *spo* Arteria supraobitalis[1], *fr* Arteria frontalis; *na* Arteria nasalis; *ang* Arteria angularis mit der vorigen anastomosirend; *mxe* Arteria maxillaris externa; *zy* Arteria zygomatica; *la* Endäste der Arteria lacrymalis; *ts* Arteria temporalis superficialis; *pal*, *pam* Arteriae palpebrales lateralis und medialis; ** die von denselben gebildeten Arcus tarsei superior und inferior.

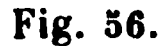
Auch am convexen Rande der beiden Tarsi finden sich häufig anastomotische Bogen, die durch Verbindung der *Art. palpebr.* mit Aesten der umliegenden Arterien entstehen und sich ihrerseits wieder mit den am freien Rand der Tarsi befindlichen Bogen in vielfache Verbindung setzen.

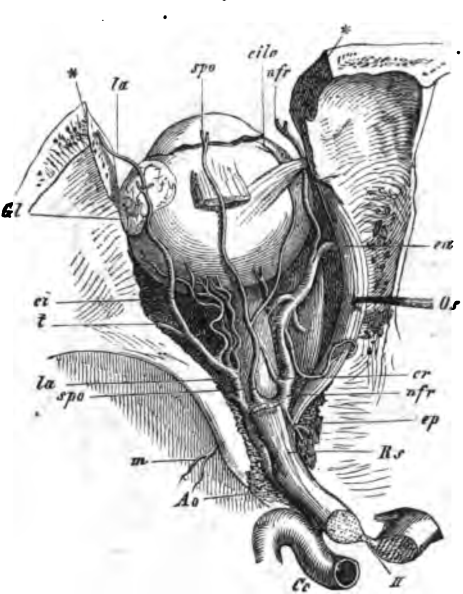
Ausser den drei, eben in ihrem Verlauf beschriebenen Aesten der *A. ophthalmica* entsteben aus dieser Arterie noch andere wichtige Aeste, welche aber in ihrem Verlaufe nicht so constant sind, wie die beschriebenen. Es sind dies sowohl Aeste, die zu den Muskeln gehen, als auch solche, welche den Bulbus versorgen. Die *Rami musculares* sind meist zwei an der Zahl; sie entspringen in der Gegend um die *Art. lacrymalis*. Der eine geht nach oben und medianwärts, der andere nach unten und lateralwärts, um sich in den Muskeln zu verzweigen. Der untere soll beständiger sein. Von den Muskelarterien zweigen sich kleine Aeste ab, *Artt. ciliares anter.*, welche die Sehnen der *Musculi*

---

[1]) Die Art. infraorbitalis ist auf Fig. 55 nicht bezeichnet, aber leicht daran kenntlich, dass sie unter dem unteren Rand des M. orbicul. ocul. hervortritt.

recti durchbohren, auf der Sclera nach vorne verlaufen und zuletzt auch am Lebenden sichtbar, in der Nähe der Cornea, die äussere Augenhaut durchdringend, sich in die Tiefe senken. (Fig. 56.)


Fig. 56.



Augenhöhle von oben geöffnet. ** Schnittränder des Knochens. Verästelung der Arteria ophthalmica *Ao*, aus der Carotis cerebralis *Cc*. *la* Arteria lacrymalis, *spo* Arteria supraorbitalis, *nfr* Art. nasofrontalis. — Aeste der Arteria lacrymalis: *m* Ramus meningeus, *t* Anastomosen zur Arteria temporalis profunda, *ci* Arter. ciliares. — Ast der Arteria supraorbitalis: *cila* Arteria ciliaris anterior. — Aeste der Arteria nasofrontalis: *ep* Arteria ethmoidalis posterior, *ea* Arteria ethmoidalis anterior, *cr* Arteria centralis retinae. *II* Nervus opticus an dem vorderen Rand des Chiasma durchgeschnitten; der linke Nerv. opticus etwas aus seinem aufgemeiselten Canal ausgehoben. Von seiner Scheide entspringt der abgeschnittene M. rectus super. *Rs*. Der M. obliquus super. *Os* ist mit einem Haken etwas zur Seite gezogen. *Gl* Thränendrüse.

Die zum Augapfel gehenden Aeste, die *Arteriae ciliares posteriores* (*ci*) entspringen mit etwa 6 Stämmchen entweder aus dem Bogen der *Ophthalmica* selbst, oder aus den drei grossen abgehenden Aesten ganz in der Nähe ihres Ursprungs.

Sie theilen sich spitzwinklig in eine grössere Anzahl kleiner Gefässe und kommen, sehr stark geschlängelt, bis zu 20 Aesten getheilt, an der hinteren Fläche des Bulbus an. Sie durchbohren die Sclera an der Stelle, wo sie der Tenon'schen Kapsel entbehrt, und werden, wie in einem anderen Kapitel genauer ausgeführt werden wird, nun je nach ihrem Verlauf als *Art. ciliares longae* und *breves* unterschieden. Zuletzt muss noch einer kleinen aber vor Allem wichtigen Arterie gedacht werden, welche ebenfalls einen variablen Ursprung hat, der *Arteria centralis retinae* (*cr*). Dieselbe entsteht ebenfalls entweder aus dem Stamme der *A. ophthalmica* oder aus einem der anderen Aeste im Hintergrund des Auges, begiebt sich zum Sehnerven und tritt schief durch seine Substanz bis in die Axe. Dort bleibt sie, Aeste zur Nervensubstanz selbst abgebend, bis zum Eintritt des *N. opticus* in den Bulbus, wo sie sich dann in der oben § 17 Fig. 18 schon angedeuteten Weise verästelt.

Neben den bis jetzt abgehandelten Arterien, die zu den Organen des Sehapparates in unmittelbarer Beziehung stehen, verlangt noch die *Arteria infraorbitalis*, ein Ast der *A. maxillaris interna* einige Worte, da sie sich sowohl topographisch der Augenhöhle aufs innigste anschliesst, als auch einige Aeste zu den Gebilden der Augenhöhle abgiebt. Sie liegt im *Canalis infraorbitalis* und im Hintergrund der Augenhöhle, wo dieser Canal noch der oberen Wand entbehrt, im *Sulcus infraorbitalis* dicht unter der Periorbita. Hier giebt die Arterie Aeste ab, die die Beinhaut selbst versorgen und einen stärkeren Ast (*Rameau orbitaire Cruveilhier*), der sich im Innern der Orbita in zwei Aeste theilt, deren

einer bis zum unteren Augenlid zieht, während der andere Ast mit Aesten der *A. ophthalmica* anastomosirt und zum Theil die unteren Muskeln des Auges versorgt.

Von Varietäten der Augenarterien ist noch zu erwähnen: (Vgl. Krause, Henle's Gefässlehre) dass die *Art. ophthalmica* von ihrem Ursprung ab an der medialen unteren Seite des Sehnerven verlaufen kann. Ferner kommt es vor, dass sie gleich an der medialen Seite des Nerven in die Orbita eintritt. Sodann wurde beobachtet, dass sie statt in der Schädelhöhle schon am Halse aus der *Carot. interna* entsteht. Dann hat man gefunden, dass sie mit zwei Wurzeln, die den Sehnerven zwischen sich fassen, aus der *Carotis* entspringt, und zuletzt sei erwähnt, dass sie eine zweite Wurzel aus der *A. meningea media* erhalten kann.

Von den hierhergehörigen Varietäten der *A. infraorbitalis* erwähnt Krause, dass sie schon in der Mitte des *Canal. infraorbitalis* endigt, indem sie mit einem Aste der *A. ophthalmica* anastomosirt; ferner folgende von W. Gruber beobachtete Varietät: Der *Canal. infraorbital.* ist bis in die Nähe des unteren Augenhöhlenrandes offen; von der *A. infraorbitalis* geht vor ihrem Eintritt in diesen Canal ein Zweig, stärker als die Fortsetzung des Stammes ab, kommt unter dem *M. orbicularis oculi* und über dem unteren Augenhöhlenrande ins Gesicht, wendet sich quer nach innen und bildet mit der *Art. angularis* aus der *A. ophthalmica* einen geschlängelten Gefässbogen, der die *A. angularis* aus der *A. maxillaris externa* ersetzt.

B. Venen.

§ 34. Die Venen der Augenhöhle verfolgen in ihren feineren Aesten zwar denselben Weg, wie die Arterien, die Hauptstämme aber weichen doch so sehr vom Verlauf der Schlagadern ab, dass sie eine detaillirtere Beschreibung verdienen. Man kann in der Augenhöhle zwei Venenbezirke unterscheiden, deren einer sich an die obere mediale Wand der Augenhöhle hält, während der andere den Boden derselben einnimmt. Der Stamm des oberen Venensystems, *V. ophthalmica super.* (Henle), beginnt mit der Sammlung des Blutes, welches die Endäste der *Art. nasofrontalis* abgegeben haben. Sie entsteht also durch Zusammenfluss einer Reihe von Aesten, welche von den Lidern, von der Stirne und den Thränenwegen in ihrer ganzen Länge hervorkommen. (Fig. 57.) Ist

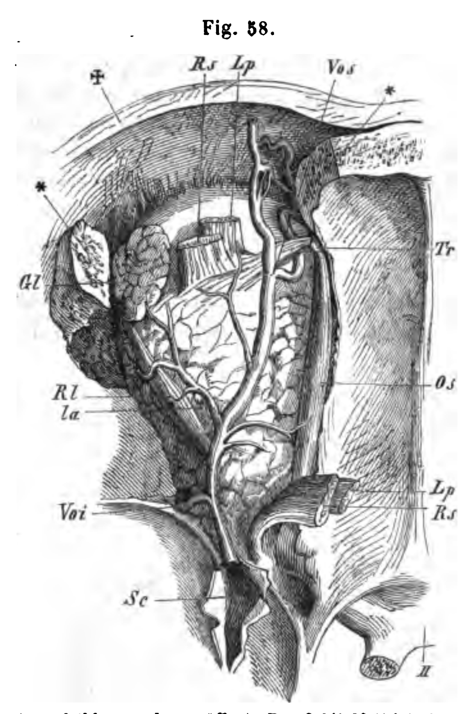
Fig. 57.



Aeussere Venen des Auges und Lides. *fr* Vena frontalis; *ang* Vena angularis; *fa* Vena facialis anterior; *t* Vena temporalis. * Einmündungsstelle der oberflächlichen Venen in die Orbita.

der Stamm gebildet, so geht er zwischen der Sehne des *M. obliqu. superior* und dem *Lig. palpebr. mediale* in die Augenhöhle hinein, doch hat die Vene hier noch nicht alles Blut aufgenommen, welches ihr von der Gegend des medialen Augenwinkels zufliesst, sondern über ihr und unter ihr dringen noch mehrere kleinere Stämmchen in die Tiefe, um erst innerhalb der Augenhöhle in sie einzumünden. Einer derselben, der oberhalb der Sehne des *M. obliquus sup.* liegt, ist besonders weit und constant. Er führt das Blut der Stirngegend in den Hauptstamm (Fig. 57*, Fig. 58 *Vos.*)

Fig. 58.



Augenhöhle von oben geöffnet. Das Orbitalfett ist nicht entfernt. ** Schnittränder des Knochens; † Durchschnitt der Stirnhaut. Venen der Orbita. *Vos* Zusammenfluss der Vena ophthalmica superior aus den Venen des Gesichtes (vergl. Fig. 57). *Voi* Einmündung der Vena ophthalmica inferior in die Vena ophthalmica superior. *la* Vena lacrymalis. *Sc* Erweiterung der Vena ophthalmica superior beim Eintritt in den Sinus cavernosus. *Lp*, *Rs* Abgeschnittene und zurückgeschlagene Mm. levator palpebrae superioris und rectus superior. *Rl* M. rectus lateralis. *Os* M. obliquus superior. *Tr* Trochlea. *Gl* Thränendrüse.

Bevor sich die *Vena ophthalm. superior* in die Orbita begibt, tritt von ihr aus ein sehr grosser Verbindungsast zur *Vena angularis* (*ang*), der eine weitläufige Anastomose der Gesichts- und Augenvenen darstellt.

Im Innern der Augenhöhle hält sie sich in ziemlich gestrecktem Verlauf an die *Art. nasofrontalis* und nimmt Aeste auf, gleichnamig mit denen, welche diese Arterie abgibt. (Fig. 58.) Es sind dies die beiden *Venae ethmoidales*, die hintere nach Walter weiter und constanter als die vordere, dann mehrere Muskeläste und Ciliarvenen, die grössere *Vena lacrymalis* (*la*), sowie auch hier und da die kleine *Vena central. retinae*. Doch ergiesst sich diese auch öfters getrennt in den *Sin. cavernosus*. Nach Walter ist dies die Regel, nach Sesemann ist die Angabe dieses Forschers richtig, doch gibt die Vene meist starke Anastomosen an die *V. ophth. sup.* ab, so dass man »oft nicht recht weiss, ob man sagen soll, sie münde in den *Sinus cavernosus* oder in die *V. ophthalmica* ein«. Vereinzelte Fälle, in welchen die *V. centralis retinae* ausschliesslich in die *V. ophth. sup.*, und solche, wo sie ganz allein in die *V. o. inf.* mündete, sind ebenfalls beobachtet (Zinn, Sesemann).

Nachdem nun die *V. ophthal. sup.* den Sehnerven gekreuzt hat, benutzt sie zum Austritt aus der Augenhöhle den obersten Theil der *Fissura orbitalis superior* und senkt sich mit einer Erweiterung (*Sc*) in den *Sinus cavernosus* ein.

Die zweite Augenvene die *Vena ophthalmica inferior* sammelt das Blut aus den Theilen des Sehapparates, welche mit der oberen Augenvene nicht in Connex stehen. Es sind dies einige Muskelvenen und kleine Gefässe, die aus dem

Fett der Orbita kommen, sowie *Venae ciliares* des Bulbus. Die *Venae ciliares post.* verhalten sich insofern etwas anders, als die gleichnamigen Arterien, als sie gewöhnlich nur vier an Zahl aus dem Aequator des Bulbus austreten. (Vergl. § 15). Ausser den genannten nimmt die *Ven. ophthalm. infer.* noch die Venen auf, die von der lateralen und unteren Seite in die Augenhöhle eintreten, es sind dies die *Vv. zygomaticae* u. a.

Sie verlässt, schief durch die Orbita ziehend, die Augenhöhle ebenfalls durch die *Fissura orbitalis superior*, um entweder in das erweiterte Endstück der *Vena ophthalmica superior* oder in den *Sinus cavernosus* selbst einzumünden. Auf ihrem Weg durch die Augenhöhle schickt sie einen anastomotischen Ast durch die *Fissura orbitalis inferior* zum *Plexus ven. pterygoideus* und einen andern zur *Vena ophthalmica superior*, welcher sich oft mit diesem Gefäss an der Stelle verbindet, wo es eben über den *N. opticus* wegläuft (*Voi*). Oft auch wird dieser Ast doppelt und mehrfach, so dass an Verbindung der beiden Blutbahnen der Augenhöhle kein Mangel ist. Oft ist der anastomotische Ast, der durch die *Fissura orbit. infer.* aus der Augenhöhle hinausführt, der stärkste und als eigentlicher Stamm der unteren Augenvene anzusehen.

Die Venen des Lidapparates ergiessen sich an der medialen Seite, wie erwähnt, in die *V. angularis* und durch ihre Vermittelung in die *V. facialis anterior*, während die Venen der lateralen Seite die unter einander anastomosirenden *Vv. temporalis* und *facialis* als Abflusswege benützen (Fig. 57).

Nachdem durch die Arbeit von Braune über die Schenkelvene neue Gesichtspunkte über den Blutlauf im Venensystem überhaupt gewonnen waren, musste, trotz der ausführlichen und genauen Untersuchung von Sesemann doch noch eine erneute Prüfung der anastomotischen Wege der Augenvenen vorgenommen werden.

Es wurden zu dem Zweck Injectionen von drei verschiedenen Richtungen in die Venen der Orbita vorgenommen, vom *Sinus cavernosus* aus, von der *Vena frontalis* und von der *Vena angularis*.

Die Injectionen wurden unter schwachem Druck und an möglichst jungen Individuen ausgeführt, um eine Zerstörung etwa vorhandener Klappen zu vermeiden.

Von den beiden erstgenannten Gefässen aus gelang die Füllung des Systemes der *V. ophthalmica sup.* ausnahmslos, es musste deshalb angenommen werden, dass die Venen dieses Stammes der Augenhöhle klappenlos sind, da sie zwei entgegengesetzten Stromrichtungen keine Widerstände entgegensetzten, ein Resultat, welches sich mit Sesemann's Untersuchungen in völliger Uebereinstimmung befindet. Bei Injectionen durch die *Vena angularis* aber begegnete ich allen drei Möglichkeiten. Einmal gelang es auch von hier das Venensystem der Orbita zu füllen, in anderen Fällen drang die Masse wohl in das Innere der Orbita aber nicht in die *Vena frontalis* und die letzte Möglichkeit war die, dass eine Füllung durch die *V. angularis* überhaupt nicht gelang.

Indem ich nun die injicirten ausgeschnittenen Venen unter Wasser vorsichtig öffnete, zeigte sich mir, dass eine variable Doppelklappe diese verschiedenen Verhältnisse zu Stande bringt. Dieselbe kann entweder ganz fehlen oder sie findet sich weiter oben und schliesst dann nur den Bezirk der *V. frontalis* ab, oder weiter unten, um nun das ganze Orbitalsystem gegen Stauungen in der *Angula-*

ris zu schützen. Der Blutabfluss aus der Orbita, und speciell aus dem Bulbus selbst, muss ja natürlich aufs sorgfältigste geregelt sein, wenn nicht durch Stauungshyperämie bedingte Functionsstörungen herbeigeführt werden sollen. Es ist deshalb auf Abzugswege nach vorne, hinten und unten Bedacht genommen. Die Thatsache, dass an der Einmündung der *Ven. ophthalmica* in die *V. angularis* eine Klappe bestehen kann, scheint darauf hinzuweisen, dass ein Abfluss des aus dem Gesicht gesammelten Blutes nach der Augenhöhle nicht statt findet, sondern dass die besprochene Anastomose unter normalen Verhältnissen nur als ein Abflussweg für das Blut aus den äusseren und inneren Theilen des Sehapparates betrachtet werden muss.

Die *Ven. ophthalm. inferior* füllte sich von keiner der benützten drei Stellen aus; auch vom *Plexus pterygoideus* aus gelang die Injection niemals, woraus hervorgeht, dass constante Klappen das System dieser Vene, welche ihr Blut sowohl in den *Sinus cavernosus*, als auch in die Venen der Unterschläfengrube ergiesst, nach allen Seiten hin vor Rückstauung schützen (vergl. Sesemann).

Die aufgefundenen Thatsachen stimmen durchweg mit Sesemann's und Walter's Untersuchungen überein, dagegen kann ich mich bezüglich einer Folgerung, welche Sesemann aus seinen Untersuchungen ziehen zu müssen glaubt, nicht einverstanden erklären.

Er sagt, »dass der Abfluss des Blutes aus der *Ven. ophth. sup.* sowohl in den *Sinus* als in die *Ven. facialis* stattfindet, und zwar, dass der weit grössere Theil desselben sich in die *V. facialis* entleert.« Der Grund, den Sesemann dafür aufführt, ist nicht überzeugend genug, um die hergebrachte Ansicht, dass die Hauptmasse des Blutes der Orbita ihren Weg nach hinten nehme, zu erschüttern. Die so klar beweisende Thatsache, dass alle sich mit der *Ophth. sup.* vereinigenden Aeste nach hinten gerichtet sind, ist für S. gleichgültig. Er legt nur Gewicht auf das grössere Lumen der vorderen Mündungsstellen im Gegensatz zum hinteren Ende, welches nach seiner Ansicht eingeschnürt sein soll. Ich konnte mich davon nie überzeugen, sondern sah stets nur eine deutliche Erweiterung. Freilich trug ich auch stets Bedacht, die Venen nie gewaltsam über ihr natürliches Lumen auszudehnen, wie es meist bei Injectionen mit erstarrenden Massen zu geschehen pflegt.

Die Lymphgefässe des Auges werden in einem späteren Capitel behandelt werden.

VIII. Nerven.

§ 35. Der Sinnesnerv des Sehorgans der *N. opticus* wurde schon in § 12 betrachtet, es kann sich deshalb die folgende Beschreibung auf die motorischen, sensiblen und sympathischen Nerven beschränken. Die letzteren entstammen dem Geflecht der *Carotis interna* und benützen, soweit sie nicht den Gefässen folgen, mit einer einzigen Ausnahme (*Radix sympathica ganglii ciliaris*), die Bahnen der anderen Nerven zum Eintritt in die Orbita. Die motorischen Nerven sind drei an Zahl. Der stärkste, der *Nervus oculomotorius*, ist der dritte Gehirnnerv. Er versorgt drei *Mm. recti*, den *Levator palp.* und den *M. obliqu. inferior*. Die beiden noch übrigen Muskel der Augenhöhle werden von besonderen Nerven versorgt. Der vierte und dünnste Gehirnnerv, der *Nervus trochlearis*, senkt sich ganz in den *Musculus obliquus superior* ein und der etwas dickere sechste, der *Nervus abducens*, verliert sich im *Musc. rectus lateralis*.

Ihre sensiblen Fasern erhalten die Gebilde in der Orbita von zwei Aesten des fünften Gehirnnervenpaares, vom *Nervus trigeminus*. Der erste Ast führt von seiner Lage in der Orbita selbst und seiner hohen Bedeutung für das Auge den Namen *Nervus ophthalmicus*, während der zweite Ast, der *Nervus infraorbitalis* mit seinem Stamm nicht in der Augenhöhle selbst liegt, sondern nur durch die *Fissura orbitalis inferior* Aeste abgibt, welche in die Orbita hineingelangen und eine mehr oder weniger grosse Bedeutung für den Inhalt derselben beanspruchen. Die Gebilde des Thränenapparates werden zum Theil von den letztgenannten Nerven, zum Theil durch Gesichtsnerven versorgt, wovon unten mehr.

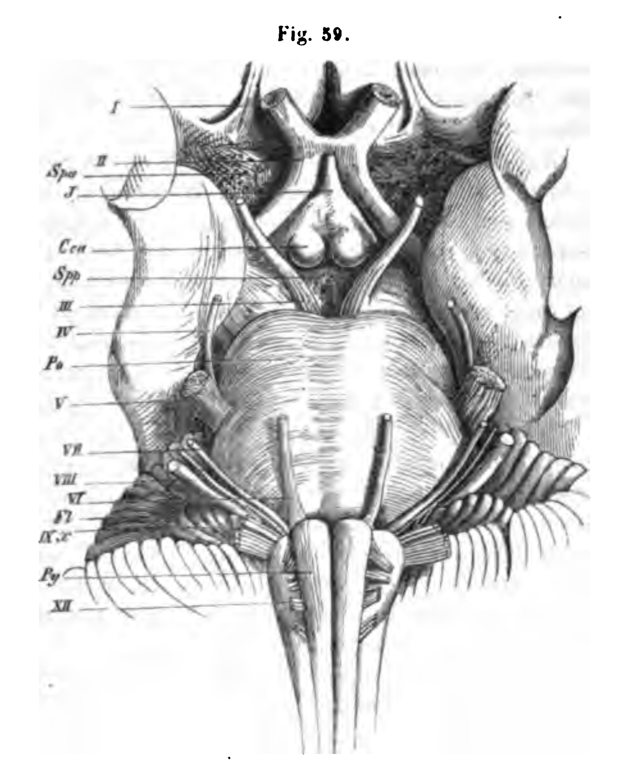
Die sämmtlichen Nerven zerfallen nach ihrem Verlauf in vier scharf getrennte Regionen, welche auch getrennt betrachtet werden sollen.

Die erste Region ist die, welche im Innern des Gehirnes liegt, vom Ursprung der Nerven bis zum Austritt aus dem Centralorgan. Diese Region wird weiter unten bei der Betrachtung der mikroscopischen Verhältnisse genauer geschildert werden.

Der zweite Abschnitt des Verlaufes ist der, welcher in das Innere der Schädelhöhle fällt, vom Austritt aus dem Gehirn bis in die *Dura mater*.

Die dritte Zone fällt in die *Dura mater* selbst, wo sich die sämmtlichen Augennerven eng zusammendrängen, um durch die *Fissura orbitalis superior* in die Orbita zu gelangen, und der letzte Theil ihres Verlaufes ist der in der Augenhöhle gelegene. Ich wende mich nun sogleich zu dem zweiten Abschnitt, dem ersten, der ohne Zuhilfenahme des Mikroscopes beschrieben werden kann.

Fig. 59.



Mittlerer Theil der Basis des Gehirnes. Ursprünge der Gehirnnerven. *I* Tractus olfactorius, *II* N. opticus, *III* N. oculomotorius, *IV* N. trochlearis, *V* N. trigeminus, *VI* N. abducens, *VII* N. facialis, *VIII* N. acusticus, *IX* N. glossopharyngeus, X N. vagus, *XII* N. hypoglossus. *Spa* Substantia perforata anterior. *Spp* Substantia perforata posterior. *Cca* Corpora candicantia. *Po* Pons. Fl. Flocke des Kleinhirns. *Py* Pyramidenstrang.

§ 36. Besieht man ein Gehirn, welches mit der Basis nach oben gelegt ist (Fig. 59), so findet man, dass die Nerven, welche die Gebilde der Augenhöhle versorgen, rings um die Brücke hervortreten. Die beiden *Nervi oculomo-*

torii[1]) liegen vor der letzteren, sie verlassen das Gehirn an der Stelle, an welcher die *Substantia perforata posterior* (*Spp*) von der Mitte und die Hirnschenkel von der Seite her auf den vorderen Rand der Brücke stossen (Fig. 59, *III*). Bei genauerer Betrachtung findet man, dass seine sämmtlichen Ursprünge noch auf dem Hirnschenkel zum Vorschein kommen, an der Stelle, an welcher der Rand der Haube durch eine Furche von der Basis getrennt ist. Die Hauptmasse des Nerven tritt aus der Furche selbst hervor; die hinteren Bündel greifen auf die Haube, die vorderen auf die Basis über. Die medialen Gränzen der beiden Nerven kommen sehr nahe zusammen, sie sind etwa 3 Mm. von einander entfernt. Zuerst aus etwa 10—12 Bündelchen bestehend, ändert sich der Nerve nach einem kurzen Verlauf von 3 — 5 Mm., zu einem festen cylindrischen Strang von 3,5 Mm. Durchmesser und verläuft nun schief von hinten und medial, nach vorne und lateral, indem er zugleich etwas aufwärts steigt. Er kommt sodann auf die dreieckige Fläche zu liegen, mit welcher sich das *Tentorium cerebelli* an den Knochen ansetzt. Dasselbe weicht nämlich hinter der Sattellehne in zwei Schenkel auseinander, deren einer sich an das *Dorsum sellae* selbst ansetzt, während der andere nach vorne zum *Processus clinoideus anterior* und der Umgränzung des *Foramen opticum* weiter zieht. Die Basis des so entstehenden Dreiecks wird von der Seitenfläche des Türkensattels gebildet.

Auf dem Dreieck dicht neben der Mitte der *Sella turcica* senkt sich der Nerve in einen Spalt der *Dura mater* ein. Während er durch das lockere Bindegewebe, welches sich besonders reichlich hier an der Schädelbasis zwischen *Dura* und *Pia* ausspannt, verläuft, geht er zwischen den beiden letzten Aesten der *Arteria basilaris* durch. Der eine, der eigentliche Endast, die *Arteria cerebri posterior*, liegt dicht vor und über seinem Beginn, während der andere Ast die *Arteria cerebelli superior* ebenfalls meist dicht anliegend seine hintere und untere Seite kreuzt. Sein Eintritt in die *Dura* liegt öfters noch unter dem Ende der *Carotis cerebralis*, bevor sich dieselbe in ihre beiden Aeste spaltet.

Wie der *Nerv. oculomotorius* an der vorderen und medialen Seite des Hirnschenkels das Gehirn verlässt, so kommt der *Nervus trochlearis*[2]) (Fig. 59 *IV*) an der hintern und lateralen Seite dieses Gebildes neben der Brücke zum Vorschein. Jedoch senkt er sich hier, wo man ihn bei der Betrachtung des Gehirnes von dessen Basis aus zu sehen bekommt, nicht in die Substanz des Centralorganes selbst, sonder nur in verhüllendes Bindegewebe ein und setzt seinen Weg am hinteren Rand des Hirnschenkels nach oben fort in der Furche, in welcher der letztere mit dem *Crus cerebelli ad pontem* und dann mit dem *Crus cerebelli ad corpora quadrigemina* zusammenstösst. Der Nerve schwingt sich zuletzt über den Vierhügelschenkel bis auf die Oberfläche des Hirnstammes hinauf und tritt hier erst auf dem *Velum medullare anticum* in das Gehirn ein, indem er wie der *N. oculomotorius* in kleinere Bündelchen (2 — 4) zerfällt (Fig. 60.). Seine Eintrittsstelle liegt etwa 2 — 3 Mm. von der Mittellinie entfernt, dicht hinter der *Lamina quadrigemina* in dem Winkel, der zwischen den hinteren Vier-

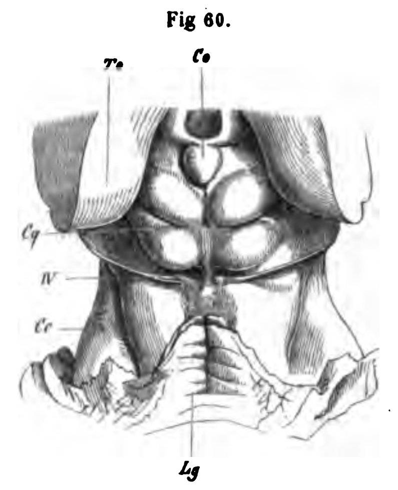
---

[1]) Synon. N. oculi motorius, n. motorius opticus, n. oculomuscularis communis, par tertium nerv. capitis, gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve.

[2]) Synon. N. patheticus, n. oculomuscularis superior, n. oculomusc. minimus, n. musculi oculi obliqui, superioris, par quartum n. c. Rollnerve, oberer Augenmuskelnerve.

hügeln und dem in der Mittellinie auf das *Velum medullare* herabsteigenden *Frenulum* bleibt. (Fig. 60). Während seines Verlaufes um den Hirnstiel liegt der Rollnerv in einem röhrenartigen von einer grossen Menge lockeren Bindegewebes ausgefüllten Hohlraum, welcher vorne von dem *Pulvinar thalami optici* und dem *Gyrus hippocampi* des Grosshirns, nach hinten von der Vorderseite des Kleinhirns und lateralwärts von einer Bindegewebsplatte, welche sich zwischen den beiden genannten Hirntheilen spannt, begränzt wird.

Fig 60.



Mittlere Hirntheile von oben mit dem Austritt des N. trochlearis (IV) aus dem Gehirn. *Co* Conarium, *To* das Polster des Thalamus opticus, *Cq* Corpora quadrigemina, *Cc* Crus cereb. ad pontem, *Lg* Lingula.

Sein Stamm, kaum 1 Mm. im Durchmesser haltend, tritt, nachdem er das Gehirn an der Brücke verlassen, etwas zur Seite und läuft dicht unter dem Ansatz des *Tentorium cerebelli* an der oberen Kante der Schläfenbeinpyramide nach vorne. Sein Eintritt in die Dura erfolgt ziemlich genau über der Spitze der Schläfenbeinpyramide, in einen langgezogenen Spalt, der sich genau an der Stelle befindet, an welcher die oben erwähnten beiden Schenkel des *Tentorium cerebelli* beginnen auseinander zu weichen.

Nach dem *N. trochlearis* folgt der Austritt des Gefühlsnerven des Auges aus dem Gehirn, des *N. trigeminus* (Fig. 59 *V*) [1]. Er verlässt das Gehirn gerade an der Stelle, an welcher die Brückenschenkel auf die Brücke treten und dieselbe bilden helfen. Er kommt aus einem Spalt der Hirnsubstanz hervor, welcher durch Auseinanderweichen der Bündel des *Crus cerebelli ad pontem* gebildet wird; derselbe liegt an der Gränze zwischen vorderem und mittlerem Drittel der Brücke. Der motorische Theil des Nerven kommt fast stets durch eine eigene Spalte hervor, welche dicht vor der sensiblen Wurzel liegt. [2] Der Nerv besteht aus einer grossen Menge kleinerer von einander getrennter Bündel (80—100), welche sich auch in ihrem weiteren Verlauf innerhalb der Schädelhöhle nicht zu einem compacten Strang vereinigen. Der Nerv hat in der Austrittsöffnung einen kreisrunden Querschnitt, sogleich aber, nachdem er frei geworden, ändert sich seine Gestalt zu einer transversal plattgedrückten um, mit einem grössten Durchmesser von etwa 5,5 Mm. Sein Weg im Innern der Schädelhöhle ist nur kurz, er läuft lateral und vorwärts und senkt sich gerade unter dem *N. trochlearis*, öfters auch etwas weiter vorne in eine grosse ovale Lücke, welche zwischen der oberen Kante der Schläfenbeinpyramide und dem sich an dieselbe ansetzenden *Tentorium cerebelli* bleibt. Die untere Begränzung dieser Lücke sieht man auch noch

---

[1] Synon. N. trifacialis, n. trimellus, n. gustatorius, n. sympathicus medius, n. mixtus, n. divisus, par quintum n. c., dreigetheilter Nerv.

[2] Die motorische Wurzel des N. trigeminus geht nicht nach der Augenhöhle hin, sondern wendet sich ganz nach den Muskeln des Unterkiefers, fällt also in ihrem weiteren Verlauf nicht in das Bereich vorliegender Beschreibung.

am macerirten Schädel, als eine muldenförmige Einbiegung der oberen Kante an der Spitze der Schläfenbeinpyramide.

Am weitesten nach hinten entspringt der *N. abducens*[1]) aus dem Gehirn (Fig. 59 *VI*). Er kommt ziemlich genau dem *N. oculomotorius* gegenüber am hinteren Rande der Brücke zum Vorschein, in der Furche, welche zwischen den Pyramidensträngen des verlängerten Markes und der Brücke bleibt. Er liegt vor dem lateralen Theile des Pyramidenstranges und es greift sein lateralster Theil noch über denselben hinaus, so dass er mit seinem Ende vor die Olive zu liegen kommt. Dicht hinter ihm verlässt der *N. facialis* und *acusticus* das Gehirn.

Der *N. abducens* besteht bei seinem Austritt aus dem Gehirn aus einigen Bündelchen (7—8), die in einer Reihe nebeneinander aus der erwähnten Furche auftauchen. Sie sind so zart, dass sie bei der geringsten Unvorsichtigkeit abreissen, und dass man beim Herausnehmen des Gehirns aus der Schädelhöhle behutsam zu Werke gehen muss, wenn man den Zusammenhang derselben mit dem Gehirn erhalten will. Nach kurzem Verlauf von etwa 2 Mm. vereinigen sich diese Bündelchen zu einem cylindrischen Stamm von 2 Mm. Durchmesser.

Derselbe steigt nun etwas lateral gewandt über den Clivus in die Höhe und gelangt ziemlich in gleicher Höhe mit dem *N. trigeminus*, aber medianwärts von ihm, zwischen der Basis der Sattellehne und der Spitze des Schläfenbeins in die Dura.

Der Nerv kreuzt sich an irgend einer Stelle mit den variabel entspringenden und verlaufenden Aesten aus der *Art. basilaris*, die man als *Art. cerebelli inferior posterior* und *auditiva* beschreibt.

§ 37. Die an so verschiedenen Stellen entspringenden Nerven des Auges sind nun durch ihren Verlauf in der Schädelhöhle einander näher gekommen und haben sich in der Gegend, in welcher die *Sella turcica* und *Pyramis ossis temporum* zusammentreffen, in die Dura eingesenkt. Um den Verlauf der Nerven innerhalb dieser Hirnhaut und unter ihr beschreiben zu können, ist es nöthig, zuvor kurz an die topographischen Verhältnisse der Gegend zwischen dem Ansatz des Tentorium an den Knochen und dem Beginn der Augenhöhle in der *Fissura orbitalis superior* zu erinnern.

Vor der Spitze des Schläfenbeines findet sich, an der vorderen und medialen Seite vom Wespenbein begränzt, das *Foramen lacerum anticum*, über dessen medialer Hälfte die *Carotis cerebralis* in das Innere der Schädelhöhle eintritt. Es legt sich die *Arterie* dann dicht an die Seite des Keilbeinkörpers an, wo sie eine flache Furche zu ihrer Aufnahme findet. Neben der Hyophysengrube zieht sie nach vorne, wo sie endlich an der medialen Seite des *Processus clinoideus anterior* ihre letzte Krümmung macht, welche sie an die untere Fläche des Gehirnes selbst führt. Die *Dura mater* spannt sich über der Carotis mit dem erwähnten dreieckigen Endfeld des *Tentorium cerebelli* zwischen den beiden *Processus clinoidei anterior* und *posterior* aus und steigt von der Spitze des *Processus clinoideus anterior* zum Boden der mittleren Schädelgrube herab. Es wird so zur Seite des Wespenbeinkörpers ein Raum gebildet, der für die hier liegende *Carotis cerebralis* zu gross ist. An ihrer oberen und lateralen Seite bleibt noch so viel

[1]) Synon. N. oculomuscularis externus, posterior, n. ocularis externus, n. timidus.

Platz, um es einer zahlreichen Menge von Bindegewebstrabekeln zu ermöglichen, sich zwischen Dura und Arterienrand auszuspannen. Der freie Raum wird von Blut ausgefüllt und stellt den *Sinus cavernosus* dar, der mit den anliegenden Blutleitern der harten Hirnhaut medianwärts, nach vorne und rückwärts zahlreiche Verbindungen unterhält. — Durch diese Region suchen nun die beschriebenen Nerven ihren Weg nach der Orbita. Der Zweck dieser Verlaufsweise ist der, denselben Gelegenheit zu geben, in möglichst nahe Berührung mit dem reichen sympathischen Geflecht zu kommen, welches die Carotis an dieser Stelle umgiebt. Es zweigen sich von dem Plexus zahlreiche Aeste ab, welche in die Bahnen der nach der Orbita hin verlaufenden Nerven eintreten, um im Innern der Augenhöhle von denselben wieder an ihre eigentlichen Endbezirke abgegeben zu werden.

Der *N. oculomotorius*, welcher, wie oben beschrieben, am weitesten vorne in die Dura eintritt, läuft in derselben Art, wie in der Schädelhöhle selbst, abwärts. Er liegt bei seinem Eintritt in die Dura, wie erwähnt ziemlich in gleicher Höhe mit dem *Processus clinoideus posterior*. Sein Verlauf in dieser Haut bringt ihn nun unter den kleinen Keilbeinflügel, so dass er bei seinem Eintritt in die Orbita, wie schon oben bei Betrachtung der Muskeln (p. 51 u. f., Fig. 25) ausführlich erörtert wurde, dicht an der unteren Wurzel desselben liegt.

Das ihn bedeckende Blatt der Dura ist stark und kräftig. Gegen den *Sinus cavernosus* ist er in seinem hintern Abschnitt durch ein ziemlich dünnes Häutchen abgegränzt. Vorne aber wird dasselbe immer schwächer, so dass er im vordersten Theil des Sinus oft genug ganz fehlt.

Der nach ihm folgende Augennerv, der *N. trochlearis*, weicht Anfangs nicht aus der Richtung, mit welcher er in die Dura eingetreten ist. Er läuft dicht an der medialen Seite des an den *Processus clinoideus anterior* gehenden Schenkels vom *Tentorium* hin, bis zu der Stelle, an welcher derselbe unmittelbar neben dem Schlitz für den *N. oculomotorius* vorbeigeht. Hier schliesst sich der *N. trochlearis* dem abwärts gerichteten *Oculomotorius* an, indem er diesem Nerven zugleich so nahe kommt, dass er von dessen lateraler Seite nur durch ein ganz zartes Bindegewebshäutchen getrennt ist. Er behält diesen Verlauf bei, bis er endlich neben dem *N. oculomotorius* die Augenhöhle erreicht.

Im Anfang in einer starken röhrenförmigen Scheide der *Dura mater* gelegen, verliert er dieselbe häufig bei seinem Anschluss an den Verlauf des *Oculomotorius* und ist von nun an, wie dieser, nur durch eine ganz zarte und hinfällige Membran gegen den *Sinus cavernosus* abgegränzt. Oft aber sieht man den Nerven seine Scheide auch noch länger beibehalten.

Der nach dem *N. trochlearis* folgende *N. trigeminus* bildet gleich nach seinem Eintritt in die Dura, auf der *Impressio trigemini* der Schläfenbeinpyramide liegend, sein mächtiges *Ganglion semilunare* [1]). Dasselbe weicht mit seinem medialen Rande so weit in die Höhe, dass es nur eine kleine Strecke unter den beiden bis jetzt betrachteten Nerven liegt. Aus dem Ganglion kommen die drei Aeste heraus, welche dem Nerven seinen Namen geben. Nur der am medialsten gelegene erste Ast, der *Nervus ophthalmicus* [2]) geht zur Orbita. Der zweite Ast ist

---

1) Synon. Ganglion Gasseri.
2) Synon. N. orbitalis.

der *N. supramaxillaris*[1]); er geht durch das *Foramen rotundum* in die *Fossa pterygopalatina* und gelangt schliesslich in den oben (p. 6) beschriebenen *Canalis infraorbitalis*. Er wird weiter unten noch einmal erwähnt werden. Der dritte Ast, der *N. inframaxillaris* verlässt durch das *Foramen ovale* die Schädelhöhle und fällt in seinem weiteren Verlauf nach den Muskeln und Zähnen des Unterkiefers nicht in das Bereich der vorliegenden Untersuchung.

Der erste Ast nun wählt, wie gesagt, auf seinem Weg nach der Orbita ebenfalls den Verlauf durch den *Sinus cavernosus*. Er zieht aus dem Ganglion sehr wenig abwärts, fast gerade nach vorne und nähert sich dem *N. oculomotorius* und *trochlearis* immer mehr, bis er in der vorderen Hälfte des Sinus den letzteren berührt und nun an seiner unteren Seite bleibend, den Weg nach der Augenhöhle fortsetzt. Auch nach seinem Austritt aus dem Ganglion bildet der *N. ophthalmicus* keinen festen Strang, sondern ist noch immer in einzelne kleinere Bündel getrennt, welche sich erst dann zu runden Stämmen vereinigen, wenn sich der Nerv in seine Zweige zerspalten hat. Er liegt der lateralen Seite der Carotis fester an, und zeigt sich in keinerlei Weise gegen den *Sinus cavernosus* abgegränzt, so dass von seiner Scheide eine Anzahl der eben erwähnten Bindegewebstrabekeln abgehen, welche das Lumen des Sinus durchziehen.

Ebenso ist es mit dem letzten der in die Orbita eintretenden Nerven, dem *N. abducens*. Derselbe durchbohrt die hintere Wand des *Sinus cavernosus*, tritt in denselben ein und trifft nach kurzem aufsteigendem Verlauf auf die *Art. carotis*. An diese legt er sich fest an, indem er über die Convexität ihrer zweiten Krümmung wegläuft. Dann tritt er an das im Sinus gerade vorwärts laufende Stück der Arterie und zieht, der medialen Seite des *N. ophthalmicus* anliegend, und an die untere Seite der Arterie festgeheftet, nach der Augenhöhle.

Was nun noch die wichtigen Verbindungen der Augennerven mit dem *Plexus caroticus* anlangt, so sind diejenigen, welche sympathische Fasern zum *N. oculomotorius*, *ophthalmicus* und *abducens* bringen, leicht nachzuweisen. Die Vereinigungsstelle der herantretenden Aestchen mit den Stämmen der Nerven ist unconstant, doch findet man im Allgemeinen die mehrfachen und verhältnissmässig starken Zweige, welche zu dem Abducens treten, am weitesten nach hinten, die zum *N. oculomotorius* stossenden am weitesten nach vorne liegend (Fig. 64.)

Von den Verbindungen, welche der *Plexus caroticus* mit dem *N. trochlearis* eingehen soll, konnte ich mich eben so wenig wie Luschka überzeugen. Stets zeigten sich die vermeintlichen Nerven unter dem Mikroscope als Bindegewebsbälkchen, oder noch häufiger als kleine freiverlaufende, nur von einer mässig dicken Adventitia umgebene Arterien.

Besonders die letzteren imponirten so vollständig für Nerven, dass ich manchmal glaubte, eine mikroscopische Untersuchung kaum nöthig zu haben und ganz sicher war, Nervenfäden zu finden. Stets aber sah ich mich getäuscht. Rüdinger erwähnt (Anatomie der Gehirnnerven p. 15) ausdrücklich das Vorkommen »mehrerer Fäden vom Sympathicus«, und da auch dieser Forscher, wie er p. 18 angiebt, sich bei seinen Untersuchungen des Mikroscopes bediente, so habe ich keinen Grund, seine Resultate zu bezweifeln, wenn auch die Abbildung, auf welche sich seine Beschreibung bezieht (Taf. VII. Fig. II) gerade in diesem Puncte nicht überzeugend ist.

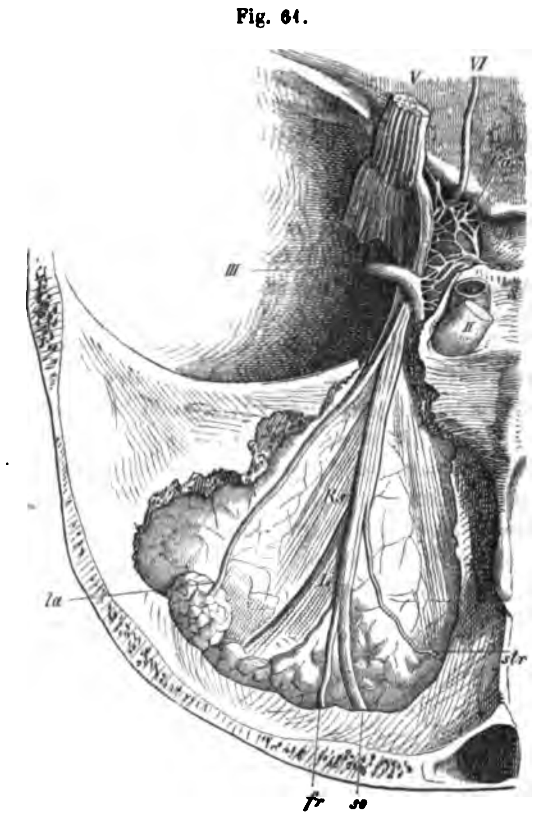
---

[1]) Synon. N. maxillaris superior.

Ausser den Verbindungen mit den sympathischen Fasern des *Plexus caroticus*, sollen nach einer Reihe von Autoren auch Verbindungen der einzelnen Stämme untereinander stattfinden und zwar 1. des *N. oculomotorius* und *abducens*, 2. des *N. oculomotorius* und *trigeminus*, 3. des *N. abducens* und *trigeminus* und 4. des *N. trochlearis* und *trigeminus*. Die Verbindungen 1, 2 und 3 sind, wenn sie überhaupt vorkommen, jedenfalls Varietäten, und sollen bei Betrachtung derselben erwähnt werden. Die Verbindung zwischen dem *Trochlearis* und *Trigeminus* aber habe ich an den vorderen Theilen des *Sinus cavernosus* bei gehöriger Aufmerksamkeit meist gefunden.

Ich möchte jedoch trotzdem noch nicht für ausgemacht halten, dass dieselbe sensible Fasern zum *Trochlearis* bringt. Es wäre nicht unmöglich, dass auch hier, wie anderwärts, nur sympathische Fasern übertreten, die eine Strecke weit die Bahn des *N. ophthalmicus* für ihren Verlauf benutzt haben. Es würde eine vielleicht lohnende Aufgabe sein, bei einer Reihe von Präparaten darauf zu achten, ob die sympathischen Verbindungen des *N. trochlearis* fehlen oder doch schwächer sind, wenn Fäden vom *N. ophthalmicus* kommen, und umgekehrt.

Fig. 61.



Innere Schädelbasis von oben gesehen. Die Dura mater der mittleren Schädelgrube, sowie der N. trochlearis sind weggenommen, um das sympathische Geflecht der neben dem Türkensattel vorbeiziehenden Carotis cerebralis sichtbar zu machen. *VI* N. abducens; derselbe senkt sich, indem er Fäden vom Plexus caroticus mitnimmt, um die Arterie. *V* N. trigeminus; sein erster Ast liegt dicht an der lateralen Seite der Arterie und nimmt hier sympathische Fäden auf. *III* N. oculomotorius lateralwärts zurückgeschlagen, um die von unten an ihn herantretenden sympathischen Fäden zu zeigen. In der vorderen Schädelgrube ist die Decke der Augenhöhle weggebrochen, um die oberflächlich liegenden Aeste des N. supraorbitalis sichtbar zu machen. Die weitere Erklärung s. Fig. 63.

Nachdem nun der *Sinus cavernosus* sein vorderes Ende erreicht hat, treten die Nerven eng zusammengedrängt in das periostale Gewebe ein, welches die *Fissura orbitalis superior* ausfüllt. Dasselbe hat eine Dicke von mehreren Millimetern und die Nerven liegen in förmlichen Kanälen dieses festen Gewebes. Am weitesten medianwärts befindet sich der Canal für den Durchtritt des *Oculomotorius*, welcher oben (p. 51) *Foramen n. oculomotorii* genannt wurde. Er liegt dicht an der lateral unteren Seite des *Foramen n. optici* und seine mediale Umgränzung wird von der unteren Wurzel der *Ala orbitalis* gebildet. Durch dasselbe geht ausser dem *Oculomotorius* noch der *N. abducens*, welcher sich an die untere laterale Seite des

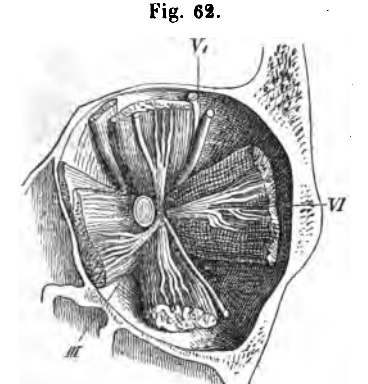
ersteren Nerven hält, von welchem er nur durch einige Lamellen lockeren Bindegewebes getrennt ist. Unter dem *Oculomotorius* und neben dem *Abducens* ist die Austrittsstelle der *Vena ophth. superior*. Der *N. trochlearis* tritt durch ein eigenes Canälchen, welches lateralwärts vom *Foramen oculomotorii* an seiner oberen Seite liegt. Der *N. ophthalmicus*, der die seitlich plattgedrückte Form, welche er im *Sinus cavernosus* hatte, auch in der *Fissura orbitalis superior* beibehält, tritt am weitesten lateralwärts durch dieselbe, neben und unter dem *N. trochlearis*, an der medialen Seite der *Spina recti lateralis*, grade da, wo die Fissur durch Vorspringen derselben sich bedeutend verengert.

§ 38. Der letzte Abschnitt des Verlaufes der Augennerven liegt innerhalb der Orbita und setzt sich fort auf den Lidapparat und die Thränenwege. Es soll nun zuerst nur die Verzweigung der Nerven in der Orbita und in einem eigenen Abschnitt (§ 39) die Innervation der äusseren Theile des Sehapparates betrachtet werden.

Nach ihrem Eintritt in die Orbita ändern die betrachteten Nerven ihre gegenseitige Lage sogleich beträchtlich. Der *N. oculomotorius* setzt seinen abwärts und etwas lateral gerichteten Weg auch hier fort, während der *N. trochlearis* im Bogen über ihn wegzieht und sich an die mediale Seite der Orbita begibt. Der *N. ophthalmicus* steigt, während er sich zugleich etwas medianwärts wendet, auf und kommt nun über den *N. oculomotorius* zu liegen. Der *N. abducens* zieht ebenfalls aufwärts und läuft dicht neben dem oberen Theil des *N. oculomotorius* seinem Endbezirk zu.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Verästelung und Endigungsweise der Nerven und beginne mit dem *N. trochlearis* und *abducens*, welche gewissermassen symmetrisch an der medialen und lateralen Seite der Orbita verlaufen.

Fig. 62.



Orbita frontal halbirt. Hintere Hälfte derselben mit den Muskeln und der Endausbreitung des N. abducens und des N. oculomotorius. *VI* N. abducens; *III* N. oculomotorius; V_1 Erster Ast des Trigeminus. Die ovale Scheibe an der medialen Seite des Oculomotorius ist der Durchschnitt des N. opticus.

Der *N. trochlearis*, welcher bis dicht unter die Periorbita aufgestiegen ist, trifft ziemlich weit im Hintergrunde der Orbita auf den *M. obliquus superior*, läuft dann schief auf ihm entlang, bis er seine sagittale Halbirungslinie erreicht hat und senkt sich nun in einige, feinere Aestchen zerspalten, sogleich in die obere Fläche des Muskels ein.

Der *N. abducens* liegt, sobald er von der Fissur aus etwas in die Höhe gestiegen ist, der medialen Fläche des *M. rectus lateralis* an, in welchen sich auch etwa an der Gränze des hinteren und mittleren Drittels die pinselförmig auseinanderstrahlenden Bündel des Nerven einsenken (Fig. 62).

Der *N. oculomotorius* welcher mehrere Muskeln zu versorgen hat, theilt sich kurz nach seinem Eintritt in die Orbita in zwei Aeste, einen oberen dünneren, und einen unteren stärkeren (Fig. 62).

Der obere Ast wendet sich an der lateralen Seite des *N. opticus* aufwärts (Fig. 62) und theilt sich sehr bald in zwei Zweige, deren einer gleich nach der Theilung in Bündelchen zerfallend in die untere Fläche des *M. rectus superior* eintritt, während der andere noch eine kurze Strecke weit an der medialen Seite dieses Muskels entlang läuft und sich dann aufwärts schlagend, in dem *M. Levator palpebrae* verschwindet.

Der untere Ast des *N. oculomotorius* fehlt als einfaches Stämmchen oft ganz und ist dann gleich von Anfang an in seine drei Zweige getheilt. (Fig. 62.) Dieselben versorgen die *Mm. rectus medialis*, *inferior* und *obliquus inferior*. Der Zweig für den *M. rectus inferior* ist der kürzeste, er senkt sich sogleich pinselförmig ausstrahlend in die obere Fläche dieses Muskels ein. Der Ast für den *M. rectus medialis* tritt dicht unter dem Stamm des *N. opticus* schief durch und zerfährt auf dem Muskel liegend, wie der schon beschriebene Zweig in viele Bündelchen, die sich in dem Muskel noch hinter seiner Mitte verlieren. Der letzte Zweig des *N. oculomotorius* tritt gleich nach seiner Isolirung als runder Strang an die laterale Seite des *M. rectus inferior*, giebt kurz darauf die kurze Wurzel des *Ganglion ciliare* ab, welche nur etwa 1 Mm. lang ist und sich dann sofort in die hintere, untere Ecke des Ganglions einsenkt. (S. unten Fig. 65.) Dann sendet der Nerv zum *M. rectus inferior* einen oder mehrere feine Fäden. Unterhalb des *M. obliquus inferior* angelangt, theilt er sich in mehrere Bündel, welche ungefähr in die Mitte dieses Muskels eintreten.

Der *N. ophthalmicus* hat schon vor seinem Eintritt in die Orbita einen Ast abgegeben und sich dann in seine Zweige getheilt, was oben des ganzen Zusammenhanges wegen übergangen wurde.

Der abgehende Zweig ist der *N. recurrens*[1] (Arnold), welcher mit zwei Wurzeln den Nerven, kurz nach dessen Austritt aus dem *Ganglion semilunare*, während er unter dem *N. trochlearis* liegt, verlässt. Er wendet sich sogleich rückwärts, nimmt ein feines Fädchen aus dem *Plexus caroticus* auf (?) und tritt in die Scheide des *N. trochlearis* ein. Hier umgreift der *Ramus recurrens* den Rollnerven, ohne aber mit ihm Verbindungen einzugehen. Nachdem er in das Tentorium eingetreten, spaltet er sich sogleich in divergirende Aeste, welche das ganze Kleingehirnzelt durchziehen und schliesslich in der Wand der Blutleiter des Tentorium, im *Sinus petrosus superior* und im *Sinus transversus* endigen.

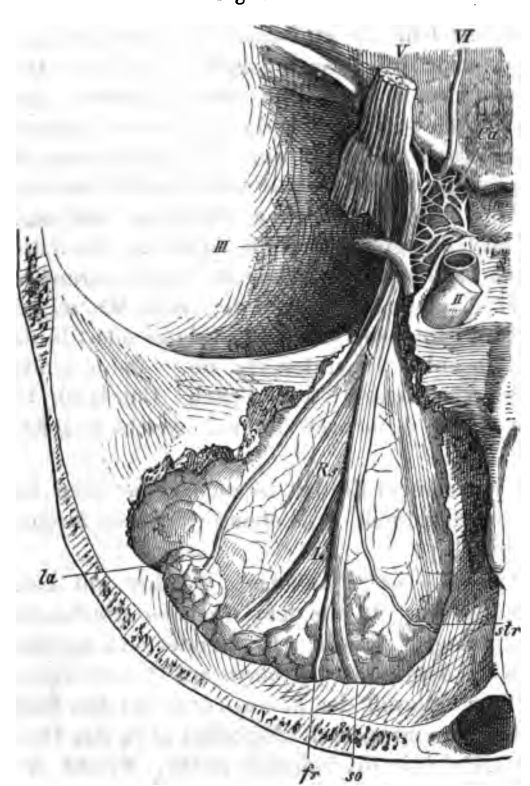
Die Endäste, in welche sich der *N. ophthalmicus* theilt, sind drei an Zahl, die *Nervi supraorbitalis*[2], *lacrymalis*[3] und *nasociliaris*[4]. Der letztere Ast geht stets an der unteren Seite des Stammes ab, während die beiden anderen in gleicher Höhe mit einander liegen. Die Theilung geschieht entweder noch hinter oder doch wenigstens in der Fissur, sodass der Stamm des *N. ophthalmicus* die Augenhöhle überhaupt nicht betritt. Gewöhnlich findet man, dass der eine der drei Aeste früher abgeht, und dass die beiden anderen noch eine kurze Strecke vereinigt bleiben, ehe sie divergirend beginnen, ihre Endbezirke aufzusuchen.

---

1) Synon. N. tentorii Arnold, R. sinualis, Blutleiternerv Luschka.
2) Synon. N. frontalis.
3) Synon. N. lacrymopalpebralis Cruv.
4) Synon. N. naso-ocularis, n. oculonasalis, n. nasalis. Nasenaugenast, Augenknoten- und Nasenast.

Wie der *N. nasociliaris* tiefer entspringt als die beiden andern Aeste, so bleibt auch sein Verlauf ein tieferer als der der anderen. Die letzteren sind sofort sichtbar, wenn man die Decke der Orbita wegnimmt (Fig. 63). Den *N. supraorbitalis* vermisst man nie, er liegt stets über dem Fett der Orbita, ganz dicht unter dem Periost. Von dem *N. lacrymalis* ist dies besonders in seinem mittleren Theile ebenfalls die Regel, jedoch kommt es auch öfters vor, dass er sich oberflächlich in das Fett einsenkt und dann nicht auf den ersten Blick sichtbar ist.

Fig. 63.



Innere Schädelbasis von oben gesehen. Die Decke der Augenhöhle ist weggebrochen um die oberflächlich liegenden Aeste des N. supraorbitalis sichtbar zu machen. Nachdem der Nerv seitwärts vom N. opticus (*II*) die Augenhöhle betreten hat, sondert sich sein lateraler Ast, der N. lacrymalis (*la*). Weiter vorne giebt er nach der medialen Seite hin den N. supratrochlearis (*str*) ab und theilt sich dann in seine beiden Endäste N. supraorbitalis (*so*) und frontalis (*fr*). *Rs* M. rectus superior, *L* M. levator palpebrae.

Der *N. supraorbitalis* zieht in der Mittellinie der Orbita zuerst über dem lateralen Rand des *M. levator palpebrae super.* und dann über dessen Mitte gelegen, nach vorne und stellt die eigentliche Fortsetzung des Stammes vom *N. ophthalmicus* dar. Bei seinem Eintritt in die Augenhöhle ist er gewöhnlich so innig mit dem *N. trochlearis* verwachsen, dass die Trennung beider manchmal Schwierigkeiten macht. Es mag diese enge Verwachsung, welche sich jedoch nur auf die bindegewebige Hülle bezieht, vielleicht manchmal Veranlassung gegeben haben, eine Durchflechtung beider Nerven anzunehmen. Auf seinem Wege unter der Orbitaldecke giebt er sodann im hinteren Drittel der Augenhöhle einen Ast ab, den ziemlich feinen *N. supratrochlearis* [1]. Derselbe wendet sich, in spitzem Winkel vom Stamme divergirend, medianwärts und kommt auf den *M. obliquus superior* zu liegen, über welchen er schief nach vorne zieht, um oberhalb der Trochlea, der Wand der Augenhöhle dicht anliegend, (Fig. 68.) die letztere zu verlassen. (Forts. s. § 39).

In der vorderen Hälfte der Orbita theilt sich dann der *N. supraorbitalis* in seine beiden Endäste, deren lateralen man als Fortsetzung des Stammes betrach-

[1] Synon. R. internus, r. frontalis minor. N. frontonasalis.

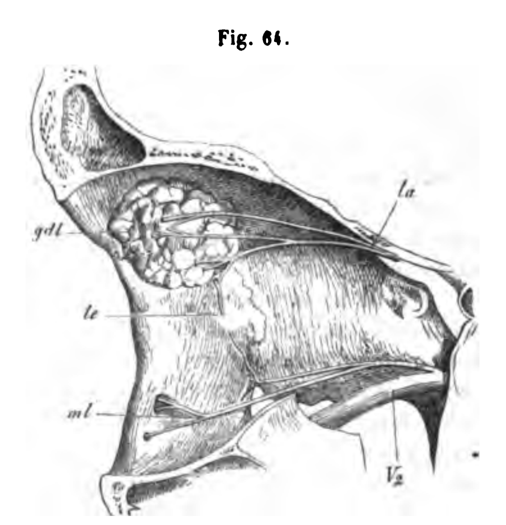
tet und ihn deshalb auch ferner mit dem Namen *N. supraorbitalis* [1]) bezeichnet, während der mediale Zweig den Namen *N. frontalis* erhält. Sie verlassen die Augenhöhle durch die gleichnamigen Incisuren. Während der *N. supraorbitalis* seine Incisur passirt, gibt er ein Aestchen in das Innere des Stirnbeins ab, welches durch ein Knochencanälchen eintritt, welches man nicht leicht an einem macerirten Schädel vermisst.

Die weitere Beschreibung folgt im nächsten Paragraphen.

Von *N. supraorbitalis* ist noch zu erwähnen, dass er nicht selten im Innern der Augenhöhle ganz kurz vor seinem Durchtritt durch die Incisur beginnt, sich in zwei weitere Zweige zu spalten.

Der *N. lacrymalis* (Fig. 63 *la*) beginnt seinen lateralwärts gerichteten Verlauf in der *Fissura orbitalis* selbst. In dem schon mehrfach erwähnten, sehr festen Gewebe, welches dieselbe ausfüllt, liegt er in einem Canälchen, welches ihn eng umschliesst; es ist deshalb sein Anfangstheil nur schwierig und mit grosser Aufmerksamkeit zu finden. Schon bevor die Fissur ihr Ende erreicht hat, verlässt er dieselbe und liegt nun oberhalb des *M. rectus lateralis*. Weiter nach vorne wendet er sich dann wieder ganz wenig einwärts der Thränendrüse zu. Kurz bevor er diese erreicht, theilt er sich in zwei Zweige (Fig. 64). Der obere Zweig [2]) geht nach der Thränendrüse weiter, schickt einige Zweige an ihren Seiten vorbei, senkt sich mit seiner Hauptmasse in dieselbe ein, giebt ihr Aeste ab und tritt mit einer Anzahl kleiner Zweige an der vorderen Seite der Drüse wieder aus, um die Orbita zu verlassen (§ 39). Der untere Zweig [3]) wendet sich im Bogen, an die laterale Wand der Augenhöhle herantretend, abwärts. Er gibt auf seinem Weg meist einige Aestchen ab, die sich in der Thränendrüse verlieren, und richtet dann seinen Verlauf gerade nach unten, um sich mit dem *R. temporalis* vom *N. orbitalis* zu verbinden (Fig. 64). Die Verbindung geschieht in einem kleinen Canälchen, welches entweder nur im Periost liegt, oder auch mit Knochensubstanz überwölbt sein kann.

Fig. 64.



Laterale Wand der Augenhöhle. Anastomose zwischen N. lacrymalis *la*, und dem R. temporalis *te* vom N. orbitalis. *V₂* Zweiter Ast des Trigeminus; *ml* Ramus malaris des N. orbitalis; *gdl* Thränendrüse.

Der *N. nasociliaris*, der letzte von den Theilungsästen des *N. ophthalmicus*, verlässt den Stamm dieses Nerven meistens noch in Bündelchen getheilt. Erst kurz nachdem er sich isolirt hat, wird er zu einem einfachen, runden Nervenstrang.

---

[1]) Synon. N. frontalis major.
[2]) Synon. Innerer oder vorderer Zweig, R. intern., anter. N. lacrymopalpebralis Longet.
[3]) Synon. R extern., poster. N. temporomalaris Longet.

Er tritt durch ein Loch in den zur kurzen Röhre zusammengeflossenen Sehnen der Augenmuskeln zwischen den *M. rectis*, *lateralis* und *superior* in die Pyramide, welche die Muskeln bilden, ein.

Weit rückwärts, oft sogar vor seinem Eintritt in die Orbita, sondert sich schon sein erster Zweig von ihm, die lange Wurzel des *Ganglion ciliare* [1]). Dieser kleine Nervenfaden geht nahe der lateralen Seite des *N. opticus* nach vorne, um in den oberen hinteren Winkel des Ganglion einzutreten (s. Fig. 64.). Der Stamm des *N. nasociliaris*, der bis jetzt an der lateralen Seite des *N. opticus* lag, kreuzt nun den *N. opticus*, indem er seinen Weg schief nach vorne und medianwärts fortsetzt, und zwischen beiden Zweigen des *N. oculomotorius* durchtritt. Gerade da, wo er zwischen dem Sehnerven und dem *M. rectus superior* liegt, gibt er einen oder mehrere (2—3) kleine Aestchen ab, die *Nn. ciliares longi.* (Fig. 65.) Dieselben gehen auf dem *N. opticus* liegend zum Bulbus und verhalten sich in ihrem weiteren Verlaufe wie die Aeste, die aus dem *Ganglion ciliare* entspringen, mit welchen sie weiter unten beschrieben werden sollen. Der *N. nasociliaris* tritt nun in die mediale Hälfte der Orbita über und theilt sich hier in seine zwei Endäste. Der eine, der *N. infratrochlearis* [2]) läuft unterhalb des *M. obliquus superior* an der medialen Wand der Orbita entlang. Unter der Trochlea tritt er nach einer Theilung in zwei Stämmchen aus der Augenhöhle heraus (s. §39). Der zweite Zweig, der *N. ethmoidalis* [3]), tritt zwischen den beiden Muskeln *Obliquus superior* und *Rectus medialis* zum *Foramen ethmoidale anterius*, (Fig. 65) durchsetzt dieses mit der gleichnamigen Arterie und gelangt in die Schädelhöhle auf die Siebplatte des Siebbeins. Durch das vorderste *Foramen cribrosum* in die Nasenhöhle eingetreten, versorgt er hier mit zwei Aesten die mediale Scheidewand und die laterale Wand der Nasenhöhle bis zur Haut der Nasenspitze herab.

Zuletzt muss nun noch das *Ganglion ciliare* [4]) betrachtet werden, ein Nervenknoten, der sich aus Fasern von motorischer, sensibler und sympathischer Abstammung zusammensetzt. Seine sensible oder lange [5]) und motorische oder kurze [6]) Wurzel sind bereits beschrieben worden, und finden sich in der nebenstehenden Fig. 65 abgebildet. Die erstere, aus dem *N. nasociliaris*, die letztere aus demjenigen Ast des *N. oculomotorius* stammend, den derselbe zum *M. obliquus inferior* sendet. Die sympathische Wurzel [7]) stammt aus dem Plexus, welcher die *Carotis cerebralis* umgibt, und wird da abgegeben, wo die Arterie ihre letzte, mit der Convexität nach vorne gewandte Krümmung macht. Neben dem *N. ophthalmicus*, an dessen medialer Seite zwischen ihm und dem *N. oculomotorius* liegend, tritt das kleine sehr zarte Nervenfädchen in die Orbita ein. Hier läuft dasselbe nach vorne, immer mehr mit der *Radix longa* des Ganglions con-

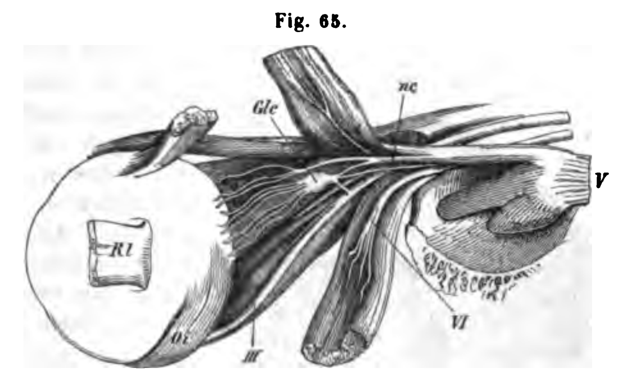
---

1) Synon. Radix longa super.
2) Synon. N. nasalis ext. Cruv.
3) Synon. N. nasarius, nasalis. N. nasal. int. Cruv.
4) Synon. Ganglion ophthalmicum, ggl. lenticulare. Augenknoten, Blendungsnervenknoten, Linsenknoten.
5) Synon. Crus longum.
6) Synon. Crus breve.
7) Synon. Rad. media superior. Radix mollis ggl. ophth., Ramus communicans cum ggl. ophth.

vergirend und tritt dicht neben ihr, oder selbst zu einem kurzen Stämmchen mit ihr vereinigt, an dem oberen, hinteren Winkel in das Ganglion ein (Fig. 65).

Das *Ganglion ciliare* selbst ist ein platter, vierseitiger Körper von etwa 2 Mm. Seitenlänge, so in der Orbita stehend, dass die beiden Flächen in der Sagittalebene liegen. Die eine ist dem Stamm des *N. opticus* hinter der Mitte des Verlaufes dieses Nerven in der Orbita zugewandt, nur durch wenig Fett von seinem lateralen Umfang getrennt. Die andere ist dem *M. rectus lateralis* zugekehrt. Die Farbe des Knötchens ist blassröthlich, seine Consistenz derb. In dem Ganglion, welches auf dem Durchschnitt eine ähnliche Structur zeigt, wie die Spinalganglien, und sich nur durch besonders grosse Ganglienkörper auszeichnet, verflechten sich die Fasern sehr innig und scheinen meist durch Ganglienzellen durchzutreten.

Fig. 65.



Inhalt der Augenhöhle von der lateralen Seite aus gesehen. Die Muskeln Rectus superior (*Rs*) und Rectus lateralis (*Rl*) sind abgeschnitten und mit dem hinteren Theil zurückgeschlagen. Es kommt dadurch das Ganglion ciliare mit seinen Verbindungen zum Vorschein. *V* Ganglion semilunare des N. trigeminus. Der erste Ast dieses Nerven ist durch Wegbrechen des Knochens ganz sichtbar gemacht. *nc* der von ihm abgehende N. nasociliaris. Von demselben lässt sich die lange Wurzel zum Ganglion ciliare (*Glc*) verfolgen. *III* der zum M. obliquus inferior (*Oi*) vorwärtsziehende Ast des N. oculomotorius. Dicht unter dem Ganglion ciliare sendet dieser Ast die kurze Wurzel zu demselben. An der vorderen Seite des Ganglion ciliare (*Glc*) treten die Nervi ciliares aus und verlaufen zum Bulbus hin. *VI* N. abducens.

An den beiden vorderen Ecken des Ganglions erfolgt darauf der Austritt der von ihm abgegebenen Aeste, der *Nn. ciliares breves*. Es sind drei bis sechs kleine Stämmchen, welche hier abgehen. Dieselben vermehren sich aber durch mehrfache Theilung bis an 20 Aestchen, die nun in den Augapfel eintreten. Während ihres Verlaufes haben zugleich die unteren Nervenzweige die untere Seite des *N. opticus*, die oberen dessen obere Seite umgriffen, so dass die Eintrittsstellen auf dem Bulbus im Kreis um den *N. opticus* stehen. Sie nehmen den Raum ein, der, wie oben p. 57 erwähnt wurde, von der Tenon'schen Kapsel freigelassen wird.

Die Nerven, welchen sich nun auch die *N. ciliares longi* beigesellt haben, treten schief durch die Sclera durch, und liegen, im Inneren des Bulbus angelangt, in der *Suprachoroidea*. Sie sind hier bandartig abgeplattet und es verlaufen die stärkeren Stämmchen in seichten Vertiefungen der Sclera. Theilungen finden noch fortwährend statt (Fig. 66) auch Vereinigungen feiner Zweige werden beobachtet (Fig. 66). Auf ihrem Verlauf schicken sie einzelne Aestchen zur Choroidea und vielleicht auch zur Sclera ab, doch konnte letzteres bis jetzt nicht mit vollkommener Sicherheit beobachtet werden.

Wenn die Nerven in der Gegend des *Orbiculus ciliaris* angelangt sind, beginnen sie, sich stark zu verästeln und pinselförmig auszustrahlen, während sie sich zugleich nicht selten Anastomosen zusenden, und treten zuletzt in den *Muscu-*

lus ciliaris ein. Hier bilden sie einen reichen Plexus theils markhaltiger, theils markloser Fasern mit Ganglienanschwellungen (H. Müller), enden jedoch nicht alle an dieser Stelle, sondern versorgen auch noch die Iris und die Cornea mit reichen Nervengeflechten.

Fig. 66.



Augapfel 3mal vergrössert. Ansicht der Ciliarnerven. Die Sclera ist in ihrer grössten Ausdehnung abgenommen, nur hinten um den Eintritt des Sehnerven ist ein Theil derselben übrig gelassen. Hier treten die Ciliarnerven durch sie durch. Auf der Choroidea sieht man dann diese Nerven unter mehrfachen Theilungen und Anastomosen bis zum Rande der Cornea nach vorne verlaufen.

Feine Nervenfäden, welche sich vom *Ganglion ciliare* zur Scheide des *N. opticus* begeben, wurden geläugnet und behauptet. Sie mögen wohl stets vorhanden sein, sind aber gewiss wegen ihrer Feinheit oft schwer nachzuweisen. Ich selbst habe sie mehrfach gefunden. Auch Fäden, welche sich im Fett in der Umgebung des Bulbus verloren, habe ich niemals vermisst.

Der letzte der für die Augenhöhle wichtigen Nerven ist ein Zweig des zweiten Astes vom *N. trigeminus*. Nachdem der Hauptstamm des *N. supramaxillaris* durch den *Canalis rotundus* die Schädelhöhle verlassen, liegt er über dem *Ganglion nasale* oder *sphenopalatinum*. Aus diesem Ganglion oder aus dem Stamm des Nerven gehen hier ganz feine Aestchen ab, welche sich in der Beinhaut der Augenhöhle verlieren.

Es gehören hierher auch die von Luschka sogenannten »*Nn. sphenoethmoidales*«, die er folgendermassen beschreibt: »Es sind 2—3 feinste Fädchen, welche durch die *Fissura orbitalis inferior* zum hinteren Ende der medialen Orbitalwand emporsteigen, und theils durch das *Foramen ethmoidale posticum* in den Schädelraum und von hier aus zur Auskleidung des *Sinus sphenoidalis*, theils durch die Naht zwischen Papierplatte und Keilbeinkörper zur Haut der hinteren Siebbeinzellen gelangen.«

Ein solcher *R. sphenoethmoidalis* kommt auch nach Luschka aus dem *N. nasociliaris*, oder dem Anfangstheil des *N. ethmoidalis*.

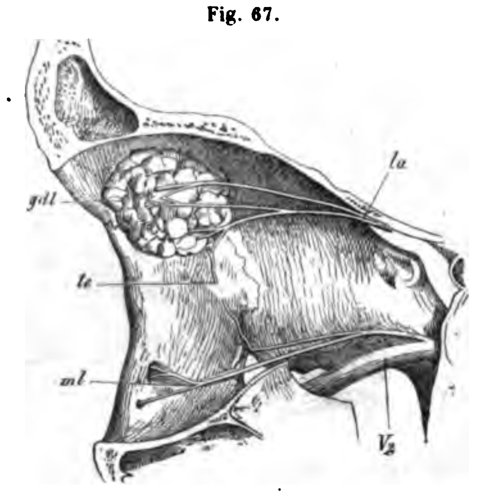
Diese Nerven sind, wie meine Präparationen ergeben, nicht ganz constant, die Beinhaut wird, wenn sie nicht nachzuweisen sind, wohl durch kleine Aestchen, die von anderer Seite kommen, innervirt. Anderseits aber fand ich sehr oft ausser diesen von Luschka beschriebenen, die mediale Seite der Orbita mit Periostnerven versorgenden Fäden, auch solche, welche vom Stamme des *N. infraorbitalis* zur lateralen Wand der Orbita verliefen und sich hier in die Beinhaut einsenkten.

Bevor der Stamm des zweiten Astes in den *Sulcus* und *Canalis infraorbitalis* als gleichnamiger Nerv eintritt, giebt er einen Zweig ab, den *N. orbitalis* [1]. Derselbe gelangt neben dem Hauptstamm durch die *Fissura orbitalis inferior* in die Augenhöhle, geht auf dem Bindegewebe entlang, welches dieselbe auskleidet, und theilt sich früher oder später in zwei Aeste. Der eine, *R. temporalis* [2])

[1]) Synon. N. Subcutaneus malae, n. orbitarius Cruv. N. temporomalaris Quain.
[2]) Synon. R. superior, inferior, lacrymalis.

(Fig. 67 *te*), wendet sich am vorderen Ende der Fissur in scharfem Winkel aufwärts, indem er entweder in eine Rinne des Knochens (vergl. Fig. 5) oder nur in einem Kanal des Periostes liegt. Er vereinigt sich mit dem oben (p. 121) erwähnten Ast vom *N. lacrymalis* und geht durch den *Canalis zygomatico-temporalis* in die Schläfengrube. In der Nähe der Naht, zwischen Jochbein und Stirnbein, meist sogar auf der Sutur selbst verlässt er die Schläfengrube, durchbohrt die Fascie und geht zur Haut. Der zweite Ast des *N. orbitalis*, der *R. malaris*[1]), (Fig. 67 *ml*) läuft in der Richtung des Stammes nach vorne weiter, um sich durch den *Canaliculus zygomatico-facialis* nach der Wangenhaut zu begeben. Oft ist der Nerv auch getheilt und die Canälchen des Knochens mehrfach (Fig. 67). Ist der Stamm des *N. infraorbitalis* im Gesicht angekommen, so betheiligt er sich an der Innervation der Lidgegend, was sogleich nä- beschrieben werden wird.

Fig. 67.



Laterale Wand der Augenhöhle. Anastomose zwischen N. lacrymalis *la*, und dem R. temporalis *te* vom N. orbitalis. V_2 Zweiter Ast des Trigeminus; *ml* Ramus malaris des N. orbitalis; *gdl* Thränendrüse.

§ 39. Die Augenlider und der Thränensack, welche nun ihrer topographischen Zusammengehörigkeit wegen miteinander betrachtet werden sollen, erhalten ihre sensiblen Nerven von den Zweigen des ersten und zweiten Astes vom *N. trigeminus*. Die motorischen Aeste, welche der *M. orbicularis oculi* nöthig hat, werden aus dem allgemeinen Bewegungsnerven der Gesichtsmuskeln aus dem *N. facialis* abgegeben.

Schon oben wurde erwähnt, dass die drei Aeste des *N. ophthalmicus* schliesslich die Augenhöhle verlassen. Ihre Endzweige treten durch Lücken aus, welche zwischen dem Knochen und dem *Septum orbitale* bleiben. Sie versorgen die Haut der Augengegend in dem oberen Halbkreis der Orbita, indem sie an der lateralen Seite das *Ligamentum palpebrale* als untere Gränze betrachten, an der medialen Seite dagegen das Lidband noch etwas überschreiten und dadurch eine kurze Strecke weit auf das untere Lid übergreifen. Wie die Austrittsstelle der Nerven liegt, so verhält sich auch ihr Verbreitungsbezirk.

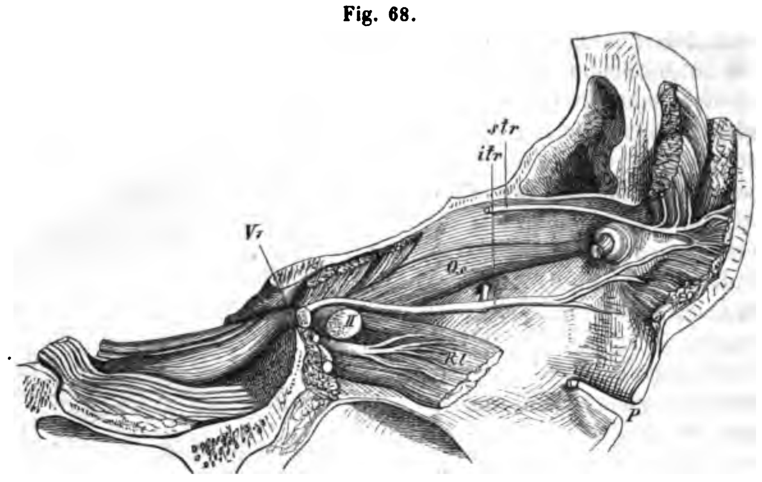
Beginne ich mit dem medialen Augenwinkel, so sind hier die beiden Nerven zu erwähnen, welche über und unter der Rolle des oberen schiefen Augenmuskels liegen, der *N. supratrochlearis* und *infratrochlearis*. An der vorderen Seite der Rolle treffen diese beiden Nerven zusammen, indem sie sich in einem nach vorne convexen Bogen einander zuneigen (Fig. 68). Der *N. supratrochlearis* geht ganz in diese Anastomose über, während sich vom *N. infratrochlearis* nur

---

[1]) Synon. R. inferior, externus, subcutaneus malae s. s., r. facialis.

der obere Ast daran betheiligt (Fig. 68). Das untere Aestchen dieses Nerven wendet sich selbstständig lateralwärts und senkt sich mehrfach getheilt in den

Fig. 68.



Mediale Wand der Augenhöhle zur Demonstration der Anastomose der Nn. supratrochlearis (*str*) und infratrochlearis (*itr*). Der Strich ist bei dem letzteren Nerven zu seinen Anfangstheil geführt, wo er aus der Theilung des N. nasociliaris in seine beiden Endäste hervorgeht. Der andere Endast (N. ethmoidalis) verschwindet sogleich im For. ethmoidale anterius. *Os* M. obliquus superior; vor dessen Rolle gehen der N. supratrochlearis und der obere Ast des N. infratrochlearis ihre Anastomose ein. *P* Lidspalte. *II* Durchschnitt des N. opticus. V_1 Abgeschnittener N. ophthalmicus.

Thränensack ein, dessen Schleimhaut es versorgt. Auch in die Schleimhaut des medialen Augenwinkels sendet derselbe einige Fädchen.

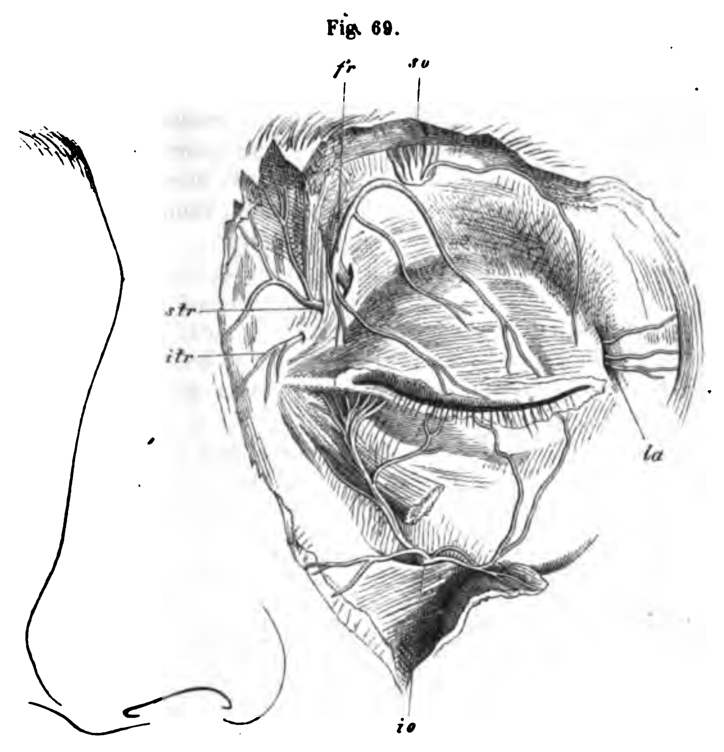
Die Verantwortung für den Verlauf, welchen Bock diesem Aestchen vindicirt, muss ich diesem Forscher selbst überlassen, ich selbst konnte es nicht so weit verfolgen, es schien mir vielmehr, als verliere es sich einfach in der lateralen Wand des Thränensackes. — Bock sagt: »Noch ist ein Zweig für den Thränensack vorhanden, der einen sonderbaren Verlauf hat, er geht nämlich über dem Muskel des Thränensackes, entweder durch ein besonderes, für ihn in dem Thränenbeinchen befindliches Loch, oder durch die Naht hin, welche das Thränenbein mit dem Stirnbein verbindet, beugt sich nun hinter dem oberen Rand des Thränenbeins vorwärts und kommt hier mit der Schleimhaut in Berührung, die sich zu den vorderen Siebbeinzellen fortsetzt, endlich kommt er wieder da, wo der Thränenknochen das Oberkieferbein und das Stirnbein sich verbinden durch einen Spalt oder ein Loch zum Vorschein, dass dem einen oder dem anderen der genannten Knochen mehr oder weniger zugehört, geht nun an der vorderen Seite des Thränensacks herab und verliert sich ganz in demselben.

Aus dem anastomotischen Bogen des *N. supra-* und *infratrochlearis* gehen eine Menge von Zweigen hervor, deren grössere Stämmchen man auch nach Abnahme der Haut in der Gegend des medialen Lidwinkels wiederfindet (Fig. 69). Dieselben versorgen die Haut in der Umgegend ihres Austrittes vollständig. Ihr Verbreitungsbezirk reicht lateralwärts bis auf den Tarsus des Oberaugenlides, medianwärts bis auf die Seitenfläche der Nase, unten bis über das Lidband herab, oben bis über die Braue auf die untere Stirngegend herauf.

Das obere Lid in seiner grössten Ausdehnung und in seiner ganzen Höhe wird von Zweigen versorgt, die als *Nn. palpebrales* vom *N. frontalis* und *supra-*

orbitalis abgehen. Das einemal sind die Zweige vom ersten, das anderemal die vom zweiten dieser Nerven stärker. Da die mediale Lidgegend schon von den Trochlearzweigen versorgt ist, so wenden sich die *N. palpebrales* stets lateralwärts (Fig. 69), um schliesslich im Bogen abwärts ziehend ihren Endbezirk zu

Fig. 69.



Augengegend von vorne gesehen. Verlauf der Nerven in der Haut der Lider. *St*, *It* die Aeste, welche aus der Schlinge der beiden Nn. supratrochlearis und infratrochlearis hervorgehen. *fr* Lidäste des N. frontalis, alle lateralwärts gerichtet. *So* N. supraorbitalis, derselbe verbindet sich mit dem vorüberziehenden N. frontalis. *Lac* die Endäste des N. lacrymalis. *Io* die zum unteren Augenlid aufsteigenden Hautäste des N. infraorbitalis.

zu erreichen. Am freien Lidrand bilden die einzelnen Stämmchen festonartige Anastomosen, von denen die letzten, feinsten Aestchen abgehen.

Die Hautäste, welche der *N. lacrymalis* absendet, sind schwächer als die der betrachteten Nerven. Nur wenige (2—3) zarte Zweige, welche bei der Präparation von vorne her nur schwer zu finden sind, treten in der Gegend der *Sutura zygomatico-frontalis* aus und verlieren sich, lateralwärts verlaufend und meist etwas ansteigend [1]) in der Haut der Schläfengegend.

Das untere Augenlid bekommt seine Gefühlsnerven von dem aus dem *Foramen infraorbitale* in das Gesicht austretenden *N. infraorbitalis*. Während derselbe mit der grössten Menge seiner Fasern abwärts läuft und im Gesicht ausstrahlend den *Pes aserinus minor* bildet, geht ein kleinerer Ast nach oben ab,

---

[1]) Es sind das die R. palpebral. und temporalis adscendens von CRUVEILHIER.

welcher sogleich in mehrere kleinere Zweige ausstrahlt, die sich um den unteren Rand des *M. orbicularis* herumschlagen, und sich aufwärts laufend über das ganze untere Lid vertheilen, in dessen Haut sie endigen. [1])

Während die lateralsten Endigungen nicht über das Lid selbst hinausgreifen, da hier die Haut schon durch die Endigungen des *Ramus malaris* vom *N. orbitalis* versorgt ist, strahlen die medialsten Aeste des Nerven noch auf die Seitenfläche der Nase aus, welche sie in nicht unbeträchtlicher Ausdehnung versorgen.

Die motorischen Nerven der Lidmuskulatur, welche wie erwähnt dem *N. facialis* angehören, treten von der lateralsten Seite her auf das Lid über. Die *R. zygomatici* dieses Nerven sind es, welche vom Jochbogen aus und von der Schläfengegend her in den Ringmuskel einstrahlen und von hier aus unter Eingehung zahlreicher Anastomosen mit den hier verlaufenden Gefühlsnerven, über den ganzen *M. orbicularis* vertheilt, ihre Endigung finden.

Schliesslich ist noch der Innervation des Thränenganges mit einigen Worten zu gedenken. Derselbe erhält nicht, wie der Thränensack, seine Nerven von den in der Orbita verlaufenden Aesten, sondern wird von der Nase her versorgt. Es sind Aeste des zweiten Astes vom *N. trigeminus*, welche ihn innerviren. Von seinem Nasenausgang aus treten Zweige vom Nasenast des *N. alveolaris superior anterior* ein, welcher die ganze Seitenwand der Nase in der Umgebung der Appertur noch mit versorgt. Es tauscht dieser Nerve jedoch zahlreiche Verbindungen mit dem *N. ethmoidalis* aus, so dass auch dieser Zweig des *N. ophthalmicus* nicht ohne Einfluss auf die Innervation des Thränenganges bleibt.

§ 40. Die Varietäten der Augennerven sind so zahlreich, dass es sich nicht empfiehlt, dieselben wie es bei den übrigen Varietäten geschah, anhangsweise beizufügen. Sie sollen deshalb nun in einem besonderen Abschnitt zusammengestellt werden. [2])

1. Varietäten des N. oculomotorius.

Nach Cruveilhier's Angabe hat Malacarne einen accessorischen Ursprung des *N. oculomotorius* aus dem oberen Theil des *Crus cerebelli ad pontem* beobachtet, der am Rand der Brücke hinlief und dann den dritten Hirnnerven verstärkt. Während des Verlaufes des Nerven in der *Dura mater* wurden Verbindungen mit dem ersten Aste des *N. trigeminus* (Cruveilhier) beobachtet. Dasselbe Aestchen gab auch einen Zweig zum *Ganglion nasale* ab. Im Innern der Augenhöhle wurden Verbindungen des *N. oculomotorius* mit dem *N. nasociliaris* (Sömmerring, Svitzer) beobachtet. Der erstere dieser beiden Forscher scheint die Verbindung öfters gefunden zu haben, er zeichnet sich wenigstens in seinen Abbildungen des menschlichen Auges als normal (Taf. III, Fig. 6 *u.*), Svitzer dagegen zeichnet sie zweimal in Verbindung mit anderen weiter unten zu erwähnenden Varietäten. [3])

Dass der *N. oculomotorius* andere als die gewöhnlich von ihm versorgten

---

[1]) Synon. R. adscendentes, nn. palpebrales inferiores.

[2]) Bei Abfassung dieses Abschnittes wurden vor Allem die sehr erschöpfenden Literaturzusammenstellungen in dem eben erschienenen Handbuch von Henle benützt, welchem im Ganzen nur wenig beizufügen war.

[3]) Sonstige Verbindungen mit dem N. trigeminus s. unten.

Muskeln innervirt, wurde mehrmals beobachtet. Bis auf einen einzigen Fall wurde nur der *Musc. rectus lateralis* mit Zweigen von ihm versehen. Entweder ging ein solcher vom oberen Ast des *N. oculomotorius* ab (Fäsebeck), oder er kam von dem unteren (Cruveilhier, C. Krause). Jedesmal war neben ihnen noch der normale *N. abducens* vorhanden. Einmal aber wurde auch beobachtet, dass der *N. abducens* ganz fehlte, und dass statt dessen ein Zweig des unteren Astes vom *N. oculomotorius* den *M. rectus lateralis* ganz versorgte (Generali). Dass es öfters vorkommt, dass der dritte und sechste Hirnnerv für einander eintreten, beweisen auch ausser diesen Varietäten die weiter unten zu erwähnenden, mehrfach gefundenen Anastomosen derselben. Ein vom dritten Hirnnerven zum *M. obliquus superior* gehendes Aestchen wurde von Volkmann beobachtet.

Verlaufsanomalien des *N. oculomotorius* sind folgende zu registriren. Einmal wurde der Nerv von der *Art. profunda cerebri* durchbohrt (Sömmerring). Der Zweig zum *M. obliquus infer.* geht ganz durch das *Ganglion ciliare* (Arnold); durchbohrt den *M. rectus oculi inferior* (Henle). Der den *M. rectus inferior* versorgende Ast entsteht aus zwei Wurzeln, deren eine vom Zweig des *M. rect. med.* kommt, während die andere aus dem Zweig für den *M. obliquus inferior* entsteht. Von dem letzteren Zweig sah ferner Bock einen Faden abgehen, der sich, ohne das *Ganglion ciliare* zu passiren, direct in die laterale Seite des Bulbus einsenkte. Varietäten der *Radix brevis ganglii ciliaris* s. unten.

2. Varietäten des Nervus trochlearis.

Verbindungen geht dieser Nerv ein mit dem *N. nasociliaris* (Curie), mit dem *N. supratrochlearis* (Arnold, Jäger) mit dem *N. infratrochlearis* (Murray). Als Verlaufsanomalie ist zu erwähnen, dass der Rollnerv nach einer Reihe von Beobachtungen eine längere Strecke weit nach seinem Austritt aus dem Gehirn in zwei oder mehrere Bündel getrennt bleibt. Auch Andeutungen einer solchen Trennung wurden als eine Rinne, die auf dem Nerven entlang lief, beobachtet.

Die oben schon erwähnte Verbindung mit dem *N. ophthalmicus* wird von Sömmerring, Meckel, Curie als normal angegeben. Sappey, Arnold und Luschka, besonders die letzteren glauben nur ein Anlegen eines kleinen Aestchens, welches nachher wieder abgegeben wird, vor sich zu haben.

3. Varietäten des N. abducens.

Von abnormen Verbindungen mit benachbarten Nerven ist zuerst die mit dem *N. oculomotorius* zu erwähnen. Sie wurde von Munniks, Cruveilhier, Svitzer, welcher erwähnt, dass auch Schobinger die gleiche Beobachtung gemacht habe, und Fäsebeck gefunden und zwar an verschiedenen Stellen, entweder im *Sinus cavernosus* oder in der Orbita selbst. In manchen älteren Handbüchern wurde diese Anastomose als normal angenommen. Longet giebt darum auch ausdrücklich an, er habe sie niemals gesehen; auch mir ist es bei einer grösseren Menge von Präparaten, die ich darauf hin durchsah, niemals geglückt, ihrer ansichtig zu werden. Noch öfter als die erwähnte Anastomose findet man die Verbindung mit dem ersten Aste des *N. trigeminus* als normal angegeben, so z. B. noch von Valentin. Arnold sieht sich deshalb veranlasst zu erklären, er habe sie niemals

beobachtet. Gefunden wurde sie von WILLIS, MECKEL, VALENTIN, BRINTON, LONGET und FÄSEBECK. Auch mit dem zweiten Aste des *N. trigeminus* und zwar mit dem *N. vidianus* wurden Verbindungen beobachtet (MECKEL, BOCK, VALENTIN). Von OTTO wurde die sehr merkwürdige Varietät gefunden, dass der *N. abducens* den *N. nasociliaris* mit allen seinen Aesten abgiebt. Ein anomaler Ast des *N. abducens* wurde von SVITZER beobachtet. Nach seinem Abgange vom Stamme theilte er sich wieder in zwei Aeste, »von welchen der eine in etwas Fett trat, welches dem *Bulbus oculi* anhing, der andere sich im Zellgewebe an der *Tunicae scleroticae* verlor.« Ob er die Sklera durchbohrte, blieb ungewiss. Verlaufsanomalien des *N. abducens* werden hier und da beobachtet. ARNOLD schreibt: »Der äussere Augenmuskelnerv ist zuweilen in zwei Portionen gespalten. Die Trennung erstreckt sich bis in den Zellblutleiter oder selbst bis gegen die obere Augenhöhlenspalte.«

4. Varietäten des N. trigeminus.[1]

Erwähnung mag finden, dass noch vor dem *Ganglion semilunare* einzelne kleinere Ganglienanschwellungen von einer Reihe von Autoren beobachtet wurden.

Verbindungen des *N. ophthalmicus* mit den umliegenden Nerven wurden vielfach beobachtet (vergl. *N. trochlearis* und *abducens*). An den *N. oculomotorius* soll der *N. ophthalmicus* regelmässig Verbindungszweige abgeben nach LONGET, BOCK, SAPPEY. Bestritten wird diese Anostomose von ARNOLD und BISCHOFF. Besonders zuverlässig scheinen die Angaben des letzteren Forschers zu sein, da sie sich auf mikroscopische Beobachtungen gründen und ich selbst kann mich denselben vollständig anschliessen. Ich erinnere mich nicht, jemals einer solchen Verbindung begegnet zu sein.

a. *N. supraorbitalis*. Die Trennung dieses Nerven in seine verschiedenen Aeste ist sehr verschieden. Das eine mal theilt sich der Stamm, nachdem er den *N. supratrochlearis* abgegeben hat, in zwei gleichwerthige Aeste. Ein anderes Mal giebt der Stamm einen Zweig ab, der wieder in *N. frontalis* und *supratrochlearis* zerfällt. Wieder in anderen Fällen überwiegt der *N. supraorbitalis s. s.* über den *N. frontalis* oder umgekehrt. Die von einander abweichenden Beschreibungen der verschiedenen Handbücher sind darauf zurückzuführen, dass den Autoren verschiedene Präparate bei ihrer Arbeit vorgelegen haben.

Was die einzelnen Aeste anlangt, so sind vom *N. supratrochlearis* die meisten Varietäten bekannt geworden. BOCK sagt: »Nicht selten geht ein Zweig durch die Stirnhöhle, um so zu dem Augenbrauenmuskel zu gelangen.« Aehnliche Beobachtungen machte MECKEL. Auch WRISBERG's Beobachtung gehört hierher. Er sah einen Nerven, der sich aus Aesten des *N. supraorbitalis* und *supratrochlearis* zusammensetzte und in den *Sinus frontalis* eintrat. Der *N. supratrochlearis* tritt nach MECKEL manchmal durch die Rolle durch. Derselbe Nerv entsprang einmal am lateralen Rande des *N. supraorbitalis*, ging in einem weiten Bogen erst seitwärts, um dann unter dem Stamme medianwärts zu ziehen

[1] Dieselben werden natürlich hier nur insoweit betrachtet, als sie sich auf Versorgung des Sehorganes und den Verlauf in der Orbita beziehen.

Henle). Der *N. frontalis* giebt zuweilen einen Zweig an den *N. lacrymalis* ab (Krause und Telgmann). Turner sah einen Ast vom *N. supraorbitalis* abgehen, der sich mit dem *N. infratrochlearis* verzweigte. Meckel fand einen Verbindungsast vom *N. frontalis* zum *N. infratrochlearis.* Nach Arnold kommt eine Verbindung von Stirnnerv und Unterrollnerv öfters vor.

b. *N. lacrymalis.* Derselbe fehlte ganz und wurde durch den *R. temporalis* vom *N. orbitalis* ersetzt (Turner). Aus dem *N. orbitalis* sah ihn Hyrtl entspringen. Sehr oft wurde beobachtet, dass der Nerv aus 2 Wurzeln entsteht, was Swan sogar als normal beschreibt. Die eine gehört in einem solchen Falle stets dem Stamme des *N. ophthalmicus* an, entweder weiter hinten, oder vorn, wo er schon den Namen *N. supraorbitalis* führt. Die andere Wurzel entsteht ebenfalls aus dem *N. supraorbitalis* aber weiter vorne (Meckel), oder aus dem *N. nasociliaris* (Arnold), oder aus dem *N. orbitalis* (Meckel, Hyrtl).

Svitzer sah ein Aestchen des *N. lacrymalis* durch die Sklera in den Bulbus eintreten (die Verbindungen mit dem *Ganglion ciliare* und seinen Aesten s. unten). Als Verlaufsanomalie ist zu erwähnen, dass Cruveilhier ein Aestchen fand, welches vom *N. lacrymalis* abging, zum *N. trochlearis* trat, in seinem Neurilem eine Strecke weit verlief und dann wieder in die Bahnen des *N. lacrymalis* zurückkehrte. Ferner gehört hierher die Notiz, dass Voigt gesehen habe, dass der *N. lacrymalis* dicker als gewöhnlich war und dass derselbe theilweise das Gebiet des *N. supraorbitalis* versorgt habe (Krause und Telgmann).

Oefter beobachtet man, dass der *N. lacrymalis* schon in seine beiden Aeste getheilt aus dem Stamme des *N. ophthalmicus* abgeht, also von Anfang an doppelt ist. Sömmerring sah einen Thränennerven, der in mehrfache Zweige, welche untereinander Verbindungen eingingen, gespalten war.

c. *N. nasociliaris.* Schon oben wurde der einmal beobachteten Varietät erwähnt, die Otto beschreibt, bei welcher der *N. nasociliaris* vom *N. abducens* abgegeben wurde.

Verbindungen dieses Nerven wurden beobachtet mit dem *N. oculomotorius* und *trochlearis* (s. oben).

Svitzer zeichnet eine Varietät, worin der *N. nasociliaris* gleich nach seinem Ursprung vom *N. ophthalmicus* einen Knoten bildet, welcher einen aufsteigenden Ast abgiebt, der sich theilt und einerseits sich in den *N. oculomotorius*, andererseits in den *N. abducens* einsenkt.

Der *N. nasociliaris* giebt Zweige ab zum *M. rectus medialis* und *superior* (Valentin); Krause macht dieselbe Beobachtung und fügt noch hinzu, dass der Eintritt in die Muskeln unmittelbar, oder in Verbindung mit den betreffenden Zweigen des *N. oculomotorius* geschehe. Luschka erklärt die Angabe, Fäden im *M. rectus medialis* endigen lassen zu wollen, für paradox und giebt an, es sei ein so gedeutetes Fädchen stets ein *Ramus spheno-ethmoidalis*, welcher nur bisweilen diese Muskel durchsetze. Fäsebeck verfolgt Fädchen des *N. nasociliaris* zum *M. levator palpebrae super.*

Vom *N. infratrochlearis* und zwar von dessen unteren Zweig wurde ein Verbindungsfaden zum oberen Ast des *N. oculomotorius* verfolgt (C. Krause). Aus dem *N. infratrochlearis* und aus der Schlinge zwischen ihm und dem *N. supratrochlearis* gehen bisweilen Fäden ab, die in die Stirnhöhlen eindringen

[illegible] sah ein solches Aestchen [illegible] in die Haut.

[illegible] gehört zur Meckel'schen Beobachtung hierher, nach welcher sich die Verzweigungen dieses Nerven auf die Scheidewand der Nase beschränkten. In solchen Fällen wird also der Thränennasengang in seinem unteren Theile nur vom N. [illegible] allein versorgt.

Was den zweiten Ast des N. *trigeminus*, den N. *supramaxillaris* betrifft, so sind zuerst die Varietäten des N. [illegible] zu erwähnen. Henle sagt über dieselben: „Die Varietäten dieses Nerven sind sehr zahlreich und daraus verständlich, dass ein Ast desselben durch den andern, der obere Ast durch den N. *lacrymalis*, der untere durch den N. *infraorbitalis* vertreten werden kann. So ist die Stärke beider Aeste veränderlich, so fehlt in seltenen Fällen der R. *temporalis*, sehr häufig der das Jochbein durchsetzende Zweig desselben. Meckel fand ihn in 30 Leichen nur 3 Mal, und auch der R. *malaris* wird zuweilen vermisst. Der zur Anastomose mit dem N. *lacrymalis* bestimmte Zweig trennt sich öfters schon im Hintergrunde der Orbita vom N. *temporalis* oder von dem Stamm.

Ebenso veränderlich, wie der Zusammenhang der Canälchen des Jochbeins, ist die Verästelung der in ihnen enthaltenen Nerven. Der N. *temporalis* tritt ungetheilt in den entsprechenden Canal und sendet aus demselben den Zweig zur Anastomose mit dem N. *lacrymalis* in die Orbita zurück (Henle). Der Stamm theilt sich in einen mit dem *Lacrymalis* anastomosirenden und einen in das Jochbein eintretenden Ast, welcher letztere innerhalb des Jochbeines in einen R. *temporalis* und *malaris* zerfällt (nach Arnold die Regel). Uebrigens erlaubt das Verhalten der Canälchen des Jochbeins keinen Schluss auf den Verlauf der Nerven, denn unter den Canälchen dienen manche nur Arterienstämmchen zum Durchgang, und andererseits tritt der R. *temporalis* nicht selten statt durch das Jochbein, durch die laterale Ecke der *Fissura orbitalis inf.* aus der Orbita hervor."

Ueberzählige Zweige hat Henle vom N. *malaris* in der Orbita zum unteren Augenlid gehen sehen.

Vom N. *infraorbitalis* sind mehrere hierher gehörige Varietäten bekannt geworden. Zuerst mag die Varietät genannt werden, deren schon oben p. [illegible] gedacht ist, bei welcher Gruber in drei Fällen den *Canalis infraorbitalis* in der Naht zwischen Oberkiefer und Wangenbein fand. Theilungen des *Foramen infraorbitale* und somit auch des Nervenstammes vor dem Austritt ist etwas Gewöhnliches (Henle). Einen solchen zweiten Canal sieht Henle von den Augenlid- und Nasenzweigen eingenommen, während durch den Hauptcanal die übrigen Aeste des *Pes anserinus minor* austreten. Von Meckel und Bock wird ein Zweig des N. *infraorbitalis* erwähnt, der am Boden der Orbita vorwärts läuft und über den *Margo infraorbitalis* zur Oberlippe geht.

5. Varietäten des Ganglion ciliare und seiner Verbindungen.

Varietäten des *Ganglion ciliare* und seiner Verbindungen mit den umliegenden Nerven, sowie der von ihm ausgehenden Zweige sind ungemein häufig beobachtet.

1. *Ganglion ciliare* selbst. Das Ganglion soll ganz fehlen können nach Schwitzer, Haller. Die Angaben des ersteren Autors entziehen sich wegen ihres

Alters (1745) einer Kritik. Die beiden letzteren aber mögen doch vielleicht Ganglien vor sich gehabt haben, welche sie nur nicht erkannten. SVITZER's Zeichnung zeigt wenigstens eine kleine dreieckige Verbreiterung an der Stelle, an welcher die Wurzeln zusammentreffen, und HALLET erwähnt ausdrücklich, dass die Fäden des *N. oculomotorius* und *nasociliaris* untrennbar mit einander verbunden waren, was man doch vielleicht in dem Sinne eines in die Länge gezogenen Nervenknotens deuten könnte. Auffallend klein wurde das Ganglion sehr häufig gefunden; ARNOLD sagt, es habe manchmal nur die Grösse eines Hirsekornes. HYRTL beobachtete mehrmals statt des festen Ganglions einen lockeren Plexus. Dass eine solche Varietät namentlich Leuten mit hellen Augen zukommen soll, scheint ein etwas gewagter Zusatz zu sein. Eine Verdoppelung des Ganglions wurde öfters gesehen. FÄSEBECK beschreibt ein solches an der oberen und medialen Seite des *N. opticus* erst als Varietät, später als normal; er bildet es als *Ganglion ophthalm. internum* zweimal ab. Dasselbe fand auch SVITZER; ausserdem beschreibt aber dieser Forscher noch ein anderes Nebenganglion unter dem *N. opticus* gelegen und von ihm *Ganglion ophth. secundar. infer.* genannt. Auch ADAMÜCK hat zweimal ein accessorisches Ganglion beobachtet. Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass Fälle bekannt geworden sind, in welchen das Ganglion von einer Ciliararterie durchbohrt war. SCHLEMM spricht von einem, HYRTL von mehreren dergleichen Fällen.

b. *Radix longa.* Sie kann ganz fehlen (HIRZEL, SVITZER). Sie war sehr kurz in einem Fall, den VALENTIN beschreibt; es war hier eine ungewöhnlich starke sympathische Wurzel vorhanden. Die *Radix longa* kann länger als gewöhnlich werden; sie zweigt sich ab vom Stamm des *N. ophthalmicus* (WINSLOW, SVITZER), selbst vom *Ganglion semilunare* (HIRZEL). Ferner kann die Wurzel von anderen Zweigen des ersten Astes, als vom *N. nasociliaris* kommen, so vom *N. supraorbitalis* (SVITZER), und vom *N. lacrymalis* (PYE-SMITH, HOWSE, DAVIES-COLLEY). Auch von einem motorischen Nerven, nämlich vom *N. oculomotorius* hat man die lange Wurzel in mehreren Fällen entstehen sehen (MORGAGNI, J. F. MECKEL, HALLER, ZINN, SVITZER zweimal). Verdoppelung der langen Wurzel wurde von ZINN und SVITZER [1]) beobachtet.

Von der langen Wurzel sah man nach verschiedenen Stellen Aeste abgehen. Vor allem sind abgehende Ciliarnerven, die sich gar nicht in das Ganglion, sondern sogleich in den Bulbus einsenken, häufig.

Dann aber wurde einmal ein Verbindungsfaden dieser Wurzel zum *N. lacrymalis* gefunden (SCHLEMM), und zuletzt wurden Zweige beobachtet, welche sich in Muskeln einsenkten und zwar in die *Mm. rectus superior* und *levator palpebrae superioris* (FÄSEBECK, SVITZER).

c. *Radix brevis.* Dieselbe kann fehlen (SVITZER). Nicht ganz selten ist zu beobachten, dass sie sich verlängert. Sie kann auch aus dem unteren Ast des *N. oculomotorius* vor seiner Theilung entspringen, ohne dass sie jedoch deshalb bedeutend verlängert sein müsste (SVITZER). Grössere und kleinere Nebenwur-

---

1) Die interessanten Varietäten der Wurzeln des Ganglion ciliare, welche SVITZER beobachtete, lassen sich nicht ohne Abbildung genau beschreiben, es muss deshalb hier auf das Original verwiesen werden.

zeln, welche mit der *Radix brevis* verlaufen, beschreiben Cruveilhier, Valentin, Svitzer.

Aus der kurzen Wurzel entspringen zuweilen ebenso wie aus der langen Ciliarnerven, welche mit Umgehung des Ganglions sich direct in den Bulbus einsenken. Ferner wurden Fäden beobachtet, die im unteren Rande des *Ganglion ciliare* verliefen, ohne jedoch irgend welche Verbindungen mit denselben einzugehen; sie traten schliesslich zu den *Mm. rect. infer.* und *obliquus inferior* (Arnold).

d. *Radix sympathica.* Von ihr ist zu erwähnen, dass sie zuweilen doppelt ist, ferner dass sie manchmal etwas höher oder tiefer als an der gewöhnlichen Stelle den *Plexus caroticus* verlässt. Ob sie jemals ganz fehlt, was oft scheinen könnte, ist mindestens zweifelhaft, da man bei ihrer Feinheit nie sicher sein kann, ob man sie nicht bei der Präparation abgeschnitten hat. Sie verbindet sich mit einem Fädchen aus dem *N. oculomotorius* (Henle).

e. *Ueberzählige Wurzeln.* Eine solche wurde beobachtet vom *N. nasociliaris.* Dieselbe wurde von Hyrtl 16 Mal als selbstständiger Faden gesehen und *Radix longa inferior seu recurrens* genannt: sie kommt aus dem erwähnten Nerven medianwärts vom *N. opticus*, läuft unter demselben lateral und rückwärts und trifft so auf den vorderen Winkel des Ganglion. Es ist ungewiss, ob dieser Faden als Wurzel oder als Ast des Ganglions zu betrachten ist, vielleicht versieht er beide Functionen. Nebenwurzeln wurden ferner beschrieben: vom oberen Aste des *N. oculomotorius* (Schlemm, Hyrtl, Lanz, Svitzer); aus dem *N. lacrymalis* (Hyrtl); aus dem *Ganglion nasale* (Tiedemann-Arnold). Dieser Verbindungszweig betrat die Augenhöhle durch die *Fissura orbitalis inferior.* Von Hyrtl wird diese Verbindung angezweifelt, von Valentin mikroscopisch als nervös constatirt. Zuletzt kommen auch noch accessorische Fäden vom *N. abducens* zum Ganglion (Petit, Longet, Hyrtl, Adamück 3 mal). Manche dieser accessorischen Wurzeln waren mehrfach, in diesen Fällen verliefen sie entweder isolirt oder waren auch plexusartig verbunden.

f. *Aus dem Ganglion.* Austretende Nerven wurden in die Thränendrüse verfolgt (Beraud, W. Krause). Verbindungen von Ciliarnerven wurden gesehen mit dem *N. lacrymalis* (Bock, Hyrtl 2 mal), mit dem *N. orbitalis* (Hyrtl). Die übrigen Varietäten der Ciliarnerven sind im Vorhergehenden schon erwähnt.

§ 41. Nachdem in den vorhergehenden Paragraphen die makroscopische Beschreibung der Nerven des Auges vollendet ist, soll im letzten Abschnitte noch eine kurze Uebersicht der mikroscopischen Verhältnisse folgen. Zuerst wende ich mich zur Verfolgung der Nerven ins Innere des Gehirnes. Es ist dies die erste der in § 35 genannten Verlaufsstrecken und musste wegen ihrer mikroscopischen Beschaffenheit ans Ende der Nervenbeschreibung gesetzt werden.

Allen Nerven ist, wie ausführlich geschildert wurde, die Eigenschaft gemeinsam, in einzelnen Bündeln an der Oberfläche des Gehirns zum Vorschein zu kommen. Auch im Innern des Gehirnes verlaufen sie bündelweise, nur insofern von dem Beginne ihres extracerebralen Verlaufes verschieden, als jedes der kleinen Stämmchen, welche das Bündel bilden, wieder in kleine Bündel zerfährt, die dann erst dem Nervenkern zustreben, aus dem sie, soweit es nach unseren jetzigen Kenntnissen des Gehirnbaues den Anschein hat, entstehen.

Die Nervenkerne der beschriebenen Augennerven finden sich sämmtlich ganz dicht unter dem Boden des vierten Ventrikels, soweit sie überhaupt in der Gegend desselben liegen. Die vordersten greifen über ihn hinaus und liegen unter dem Aquaeduct. Sie entfernen sich von ihm um die Breite der ihn umgebenden gelatinösen Substanz.

Diese Kerne nehmen einen Raum in der Länge von etwa 25 Mm., in der grössten Breite von 18 Mm. ein. Die vordere Gränze trifft zusammen mit dem vorderen Vierhügelpaar, die hintere fällt in die Gegend zwischen die an jedem frischen Gehirn auf dem Boden des vierten Ventrikels deutlich sichtbaren *Striae medullares* [1]) und die etwas weiter vorne liegenden *Foveae anteriores*.

Beginne ich die Beschreibung des Nervenverlaufes im Gehirne, so ist zuerst der *N. oculomotorius* zu betrachten. [2]) Gleich nachdem seine Bündel in die Substanz des Grosshirnschenkels eingetreten sind, weichen sie auseinander, die medialst gelegenen Bündel bis nahe an die Raphe herantretend, die lateralsten weit seitlich ausweichend. Während die Fasern so durch die Hirnsubstanz aufsteigen, durchsetzen sie zu unterst die Basis des Grosshirnschenkels, verlaufen dann durch die *Substantia nigra* und den Kern des Tegmentum durch. Ober ihm, an der Stelle, an welcher der in die Tiefe getretene Vierhügelschenkel liegt, biegen die äussersten Fasern beiderseits plötzlich stark aus und umgreifen diesen Nervenstrang, während die in der Mitte liegenden Fasern ihn einfach durchsetzen. (Fig. 70.) Ober dem Vierhügelschenkel sammeln sich ebenso rasch, als sie sich getrennt hatten, die Bündel wieder und treten nahe an einander liegend in den Kern ein. Derselbe liegt dicht neben der Mittellinie, zeigt eine birnförmige Gestalt. die Spitze nach unten gewandt und ist auf dem Frontalschnitt schief auf- und lateralwärts gelagert. Er reicht nach vorne bis fast ans vordere Ende der *Lamina quadrigemina* heran und geht nach hinten ohne Unterbrechung in den Trochleariskern über. Man kann sein Ende ungefähr mit dem Ende des vorderen Vierhügelpaares in einer Frontalebene gelegen annehmen.

Die Kerne beider Seiten sind nur durch die Fasern der Raphe von einander getrennt (Fig. 70). Diese Fasern bilden auch den Abschluss gegen die freie Substanz des Aquaeductes, indem sich die lateralsten umbiegen und so den Kern umziehen. Ganz vorne aber wird die Raphe von den sich mehrenden Zellen des Oculomotoriuskernes verdrängt und es fliessen die letzteren zu einer einzigen median gelegenen Ganglienmasse zusammen, welche nun eine auf dem Durchschnitt dreieckige Gestalt, die Basis nach oben, die Spitze nach unten gekehrt, annimmt.

Eine Kreuzung der Fasern des *N. oculomotorius* in der Mittellinie ist bis jetzt nicht mit Sicherheit nachzuweisen gewesen. Meine Präparate machen es mir jedoch sehr wahrscheinlich, dass die erwähnten, den Kern umziehenden Bündelchen und auch noch andere aus der Mitte des Kernes in die Raphe eintretende Fasern, welche in grosser Menge zu beobachten

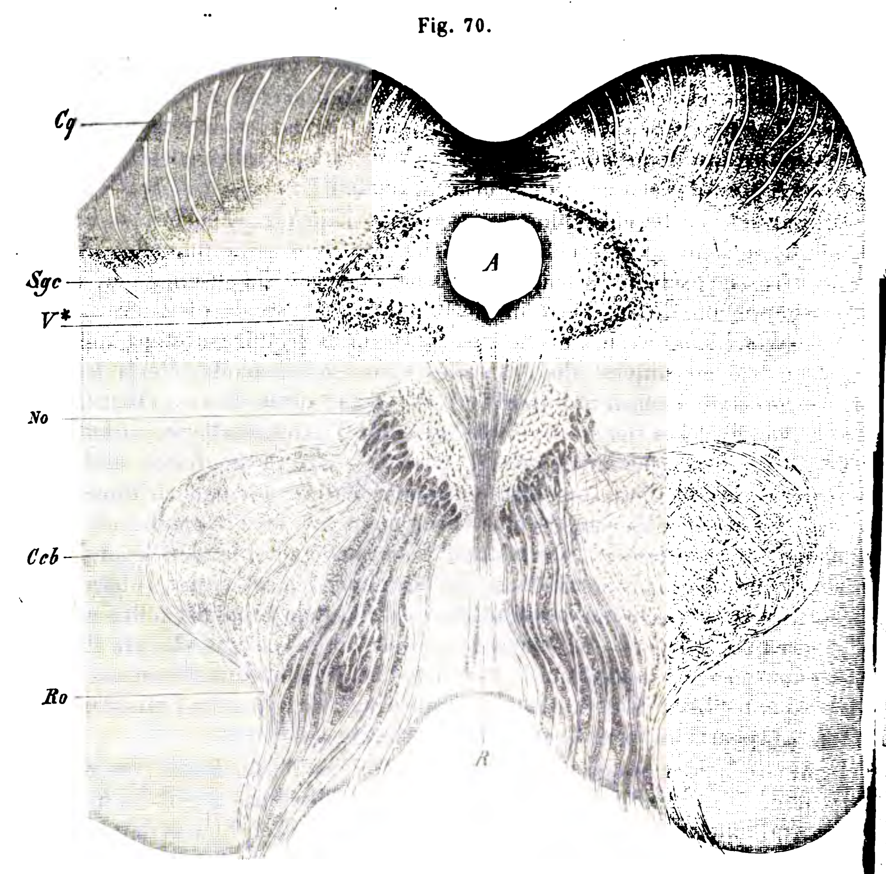
---

1) Synon.: Striae acusticae.

2) Wenn ich die Beschreibung der Nervenwurzeln und -Kerne von vorne nach hinten gehend vornehme, so geschieht dies lediglich um die Gleichartigkeit mit der bisherigen Darstellung zu wahren, da es ja für ein Handbuch, wie das vorliegende, nicht auf einen systematischen Aufbau, sondern auf das topographische Bild ankommt. Ich möchte ausdrücklich bemerken, dass ich die Beschreibungsweise, wie sie MEYNERT für die systematische Betrachtung der Nervenursprünge einzuführen sucht, für unrichtig halte.

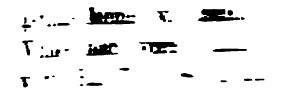
sind, auf die entgegengesetzte Seite übertreten. Eine sichere Bestimmung ist deshalb so schwierig, weil in dem obersten zwischen den beiden Oculomotoriuskernen liegenden Theil der Raphe die Fasern sehr dicht verfilzt durcheinanderlaufen.

Fig. 70.



Frontalschnitt hinter der Mitte des vorderen Vierhügelpaares, *Cq*. Ursprung und Austritt des N. oculomo[…] Die Wurzeln dieses Nerven, *Ro*, umgreifen zum Theil den in die Tiefe getretenen Vierhügelschenkel *Ccb*; und […] men dann an ihrem dicht neben der Mittellinie liegenden Kern, *No*, an. Rings um den Durchschnitt des A[…] ductes, *A*, liegt die centrale graue Substanz, *Sgc*, an deren äusserer Grenze sich die zerstreuten Ganglien[…] und Fasern befinden, aus denen sich die vordere Wurzel des N. trigeminus, *V**, zusammensetzt.

Der *N. trochlearis*, welcher nun folgt, tritt wie bekannt, zu beiden Sei[…] in die Substanz des *Velum medullare anticum* ein. Hier breitet er sich fläch[…] haft aus und reicht mit seinen hintersten Bündeln bis nahe an den letzten Ra[…] wulst der Lingula heran, etwa 0,5 — 0,8 Mm. von ihm entfernt bleibend. S[…] vordere Gränze fällt mit dem Ende des Marksegels zusammen und findet sich a[…] da, wo dieses und das Ende des hinteren Vierhügelpaares zusammenstossen. […] durchkreuzen sich die Bündel des Nerven im *Velum med. ant.* vollständig u[…] man kann leicht nachweisen, dass nicht eine einzige Faser in den Kern d[…] jenigen Seite des Gehirnes, auf welcher sie eingetreten ist, übergeht. Ist […] Kreuzung vollendet, dann wenden sich die beiden Nerven, nun wieder in e[…]



ng kleiner Bün-
ist es auch, wo
durchziehenden

Die aus ihrem Kern Xm ent-
Wurzel Rs. Die zerstreuten Ur-
dicht unter der Oberfläche hinziehenden
Wurzelfasern des vorderen Trigeminus-
seinen Ursprung nimmt.

ziehen. Ob die Fasern nach kur-
sich in die hier allenthalben lie-
nzusenken, oder ob sie noch einen
heiden. Die Umbiegung geschieht,
rheit nachweisen kann, stets oder
rzahl der Fälle, nach hinten, nach
mbiegungen zu verfolgen, wollte nicht
ngen. Wenn nach längerem Suchen
prechen schien, so zerstörte das An-
llusion und es fanden sich nur abge-
ne nach nicht aus ihrer aufsteigenden
die sensible Wurzel um einen beträchtli-
n steigt ihr Rest an der lateralen Seite
schen Kernes auf, schlägt sich ober ihm
d verläuft, nur von einer geringen Menge
phe, um sie zu kreuzen, und auf die an-

Der *N. trigeminus* gehört freilich nur zum Theil hierher, doch muss natürlich sein ganzer Ursprungsbezirk betrachtet werden, da nicht einmal seine motorische Portion in den letzten centralen Endigungen eine deutliche Sonderung dem übrigen Theil des Nerven gegenüber zeigt.

Während der *N. trigeminus* schief durch die Gehirnsubstanz aufsteigt, ist die Trennung noch eine ebenso vollständige, wie beim Austritt aus dem Centralorgan. Die motorische kleinere Portion des Nerven liegt vor der sensiblen. Sie spaltet sich in mehrere Bündel, ähnlich wie der *N. oculomotorius* und steigt schief medianwärts ziehend durch die Brücke in die Höhe. Zugleich machen die Bündel einen nach vorne convexen Bogen, dessen oberer Schenkel länger ist, als sein unterer. Dadurch kommt es, dass das centrale Ende der motorischen Portion weiter rückwärts liegt, als die Eintrittsstelle in die Brücke.

Die Bündel der sensiblen Portionen des Trigeminus spalten sich beim Eintritt in das Gehirn nicht weiter, söndern platten sich, durch die sagittalen Fasern der Brücke, zwischen denen sie durchtreten, gleichsam comprimirt, in der Richtung von vorne nach hinten stark ab, sodass ein solches Bündel auf dem Sagittalschnitt eine Breite von mehr als einen Millimeter zeigt. Sie halten dieselbe stark medianwärts geneigte Richtung ein, wie die motorische Portion.

Höher oben, wo die Bündel beginnen sich ihrem Kern zuzuneigen, treten sie mehr auseinander, um sich dann in kleine Theile gespalten, ihrem Endbezirk zuzuwenden. Die sensible Wurzel des Trigeminus zeigt neben ihrer medianwärts gehenden Richtung auch einen nach hinten gewendeten Verlauf, welcher so ist, dass beim Eintritt in den Kern die Lage der beiden Portionen wieder dieselbe wird, wie sie beim Eintritt in die Gehirnsubstanz selbst war, d. h. die sensible liegt dicht hinter der motorischen, oder um ein Bild zu gebrauchen, die motorische Portion stellt einen median- und rückwärts gelegten Bogen dar, dessen Sehne von der sensiblen Portion gebildet wird.

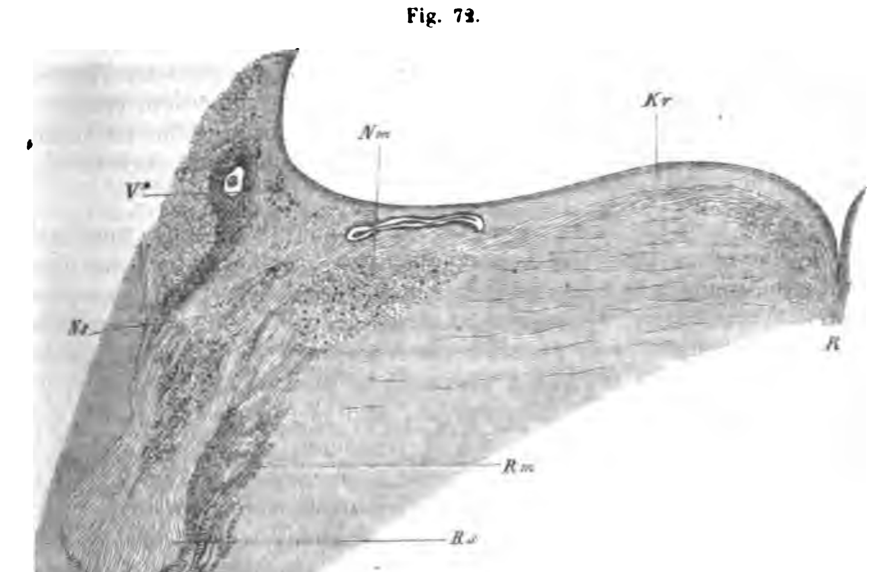
Die Zellengruppen, in welche die Fasern des *N. trigeminus* eintreten, liegen getrennt an verschiedenen Theilen des Hirnstammes und unterscheiden sich von einander durch die Form der Zellen. Sie bilden so drei Kerne, denen sich noch ein vierter Ursprung zugesellt, welchen man nicht bis zum Eintritt in Nervenzellen zu verfolgen im Stande ist.

Die Gegend am Boden des vierten Ventrikels, unter welcher die beiden Hauptkerne des fünften Gehirnnerven liegen, erstreckt sich von der *Fovea anterior* bis nach vorne an die hintere Spitze des *Locus coeruleus*, und zwar liegen hier die Kerne unter dem Winkel, welchen der Boden des Ventrikels mit dem Beginn der Decke bildet.

Der erste dieser Kerne, liegt noch ziemlich tief im Innern der Hirnsubstanz. in gerader Linie etwa 3—4 Mm. von dem genannten Winkel der Oberfläche des Ventrikels entfernt (Fig. 72 *Ns*). Seine Zellen sind klein und liegen in einer nicht ganz unbedeutenden Menge der granulirten Substanz, welche durch das ganze Gehirn allen freien Raum ausfüllt. Die Zellen zeichnen sich nur wenig vor den zwischen den Bündeln der Brücke überall eingestreuten kleinen Ganglieninseln aus und nur dadurch, dass sie in einer etwas grösseren Menge zusammenliegen, erkennt man sie als besonderes Ganglion. Oft fehlt auch dies letztere Kriterium theilweise oder vollständig, und das Ganglion spaltet sich in mehrere kleine Theile. Es kann in solchen Fällen oft nur mit sehr starken Vergrösserun-

gen und an besonders wohlconservirten Präparaten die Einsenkung kleiner Bündel in diese Ganglienmassen constatirt werden. An dieser Stelle ist es auch, wo eine Reihe von Bündeln in den Verlauf der die Brücke sagittal durchziehenden

Fig. 72.



Frontalschnitt hinter dem Ende des Locus coeruleus. Austritt des N. trigeminus. Die aus ihrem Kern *Nm* entspringende motorische Wurzel *Rm* liegt an der medialen Seite der sensiblen Wurzel *Rs*. Die zerstreuten Ursprungskerne dieser Wurzel sind mit *Ns* bezeichnet. *Kr* die zur Raphe *R* dicht unter der Oberfläche hinziehenden Kreuzungsfasern. *V** die letzte Zellenanhäufung und die absteigenden Wurzelfasern des vorderen Trigeminuskernes, welcher unter dem vorderen Vierhügelpaar (Fig. 70) seinen Ursprung nimmt.

Nervenbündel umbiegt, um mit ihnen weiterzuziehen. Ob die Fasern nach kurzem Verlauf diese Bündel wieder verlassen, um sich in die hier allenthalben liegenden kleinen Heerde ganglіöser Substanz einzusenken, oder ob sie noch einen längeren Weg zurücklegen, ist nicht zu entscheiden. Die Umbiegung geschieht, wie man an Frontalschnitten mit voller Sicherheit nachweisen kann, stets oder doch wenigstens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, nach hinten, nach dem Rückenmark zu. Nach vorne solche Umbiegungen zu verfolgen, wollte nicht mit der wünschenswerthen Sicherheit gelingen. Wenn nach längerem Suchen ein Bündel ein derartiges Resultat zu versprechen schien, so zerstörte das Anschrauben einer starken Linse sofort die Illusion und es fanden sich nur abgeschnittene Fasern, welche allem Anscheine nach nicht aus ihrer aufsteigenden Richtung gewichen waren. Ist nun so die sensible Wurzel um einen beträchtlichen Theil ihrer Fasern verringert, dann steigt ihr Rest an der lateralen Seite des sogleich zu beschreibenden motorischen Kernes auf, schlägt sich ober ihm im Bogen nach der Mittellinie herum und verläuft, nur von einer geringen Menge grauer Substanz bedeckt, nach der Raphe, um sie zu kreuzen, und auf die andere Seite überzutreten (Fig. 72 *Kr*).

Der eben erwähnte Kern der motorischen Wurzel liegt etwas höher als derjenige der sensiblen, etwas median- und vorwärts von diesem, von ihm getrennt durch die zwischen beiden zur Kreuzung aufsteigenden Fasern der sensiblen Wurzeln. Seine Lage ist etwa 1—1,5 Mm. unter dem Winkel der Ventrikeloberfläche (Fig. 72 *Nm*).

Auf dem Frontalschnitt erscheint er als ein runder Körper. Er enthält ziemlich grosse Ganglienzellen, mit vielen nach allen Seiten gerichteten Fortsätzen. Aus einem engen Gewirre starker Fasern, welches ihn ausserdem erfüllt, entwickeln sich die motorischen Wurzeln. Den an der oberen Seite zur Kreuzung nach der Raphe hinziehenden sensiblen Fasern, gesellen sich auch solche der motorischen Wurzel bei.

Der dritte Kern des *N. trigeminus* besteht aus eigenthümlichen, rundlich blasigen Ganglienzellen und bildet keinen compacten Ganglienhaufen, wie die anderen Kerne, sondern es liegen seine Zellen an den Seiten der langgestreckt verlaufenden Wurzelfasern. Seine ersten Anfänge finden sich im vorderen Vierhügelpaare. Wo sich die graue Substanz des Aquaeductes gegen die eigentlichen Vierhügel abgränzt, da erscheinen zuerst diese blasigen Ganglienzellen, über die ganze Ausdehnung des Hügels zerstreut, und hier ist also der Anfang dieses eigenthümlichen Ursprungsbezirkes des *N. trigeminus* zu suchen, welcher den Namen »Kern« in dem gewöhnlichen Sinne nicht verdient. (Fig. 70 *V**.) Die starken, an Kaliber den in den motorischen Wurzeln verlaufenden fast gleichstehenden Fasern bilden hier ganz kleine Bündelchen, welche sich gegen den Oculomotoriuskern an dessen lateraler und oberer Ecke sammeln. Von hier aus ziehen sie, stets an beiden Seiten sporadische Häufchen von Ganglienzellen führend, dicht oberhalb des Kernes nach hinten, bis sie an die aufsteigenden Trochleariswurzeln kommen. An deren lateraler Seite steigen sie, mit ihnen den gleichen Verlauf einhaltend, in die Höhe (Fig. 71 *V**), laufen dann im *Velum medullare anticum* zwischen den Bündeln des vierten Hirnnerven durch und wenden sich nun lateralwärts. Sie steigen zugleich sehr allmählig wieder abwärts und sind nun auf dem Frontalschnitt an der lateralen Seite des *Locus coeruleus* als der Querschnitt eines halbmondförmigen, starkfaserigen Nervenbündels zu sehen. Die Concavität kehrt das Bündel nach der Mittellinie zu. Durch die den Nervenstrang stets begleitenden Ganglienzellen ist nun das Bündel schon zu einem an Chromsäurepräparaten auch makroscopisch sichtbaren Gebilde angewachsen. Dasselbe liegt zur Seite des Ventrikels in gleichem Niveau mit dem Umbiegungswinkel vom Boden in die Decke.

In der Gegend der beiden anderen Trigeminuskerne angekommen, ist seine Lage dadurch, dass die letzte Strecke weniger steil abwärts gerichtet ist, wie der übrige Weg, an der Seitenwand des Ventrikels. Hier ist nun noch eine letzte bedeutendere Anhäufung der runden Ganglienzellen vorhanden, welche man leicht als compactes Ganglion erkennt, und nun biegen sich die Fasern ziemlich plötzlich knieförmig nach unten um und treffen vorne auf das Ganglion der motorischen Portion, hinten auf die aufsteigenden Fasern der sensiblen Wurzel. (Fig. 72 *V**.) Mit beiden mischen sie sich innig und treten in die Bündel beider Wurzeln ein. Dass auch von dieser Wurzel sich Fasern zur Raphe hin begeben, ist nicht unwahrscheinlich.

Der in allen Beschreibungen angeführte Ursprung des *N. trigeminus* aus den Zellen des *Locus coeruleus* wurde in Vorstehendem nicht erwähnt, da es mir niemals gelang, von den eigentlichen Zellen dieses Nervenkernes irgendwohin erheblichere Fortsätze zu verfolgen. Es ist allerdings unzweifelhaft und sehr leicht zu constatiren, dass an der hinteren Spitze des *Locus coeruleus* eine Anzahl von Zellen liegt, welche ihre Fortsätze mit den Fasern der Trigeminuswurzeln vereinigen, allein dieselben tragen nicht den Charakter der Zellen des *Locus coeruleus*, sondern sind solche die einmal dem bis in die Vierhügel zu verfolgenden Ursprung und dann solche, welche dem motorischen Kerne angehören. Mit den weiter vorne liegenden Zellen des eigentlichen *Locus coeruleus* haben diese Nervenkörper keine Aehnlichkeit weiter, als den Pigmentgehalt.

Die letzten Darstellungen der Nervenursprünge von Meynert, Stieda, Henle, weichen sowohl unter einander, als auch von der vorstehenden Beschreibung in mancher Hinsicht ab. Stieda und Henle halten sich noch an die ältere Ansicht und lassen den Vierhügelursprung des Trigeminus eine Trochleariswurzel sein, getäuscht durch die innige Durchflechtung beider Nerven. Als Kern führt Stieda nur den oben beschriebenen motorischen Kern und die *Substantia ferruginea* auf, die sensiblen Fasern leitet er von aufsteigenden Längsbündeln her. Henle beschreibt die beiden oben erwähnten Kerne nebst dem *Locus coeruleus* als einen einzigen Kern, leugnet die nach hinten umbiegenden Fasern gänzlich, sieht aber das Knie des Vierhügelursprungs, welches er ebenso, wie das Aufsteigen dieser Wurzel an die Seitenwand des Ventrikels zeichnet. Meynert beschreibt die drei Kerne richtig. Er verfolgt aber ausserdem noch die rückwärts umbiegenden Fasern bis zum Kopfe der grauen Hintersäulen, was mir unerklärlich bleibt, da sich ja die Trigeminusbündelchen den aufsteigenden Längsbündeln so innig anschliessen, dass eine weitere Unterscheidung derselben unmöglich erscheint. Es beschreibt dieser Forscher zuletzt noch Wurzelfasern, die aus dem Kleinhirn herabkommen sollen. Benützt man starke Vergrösserungen, so sieht man, dass diese absteigenden Fasern den Trigeminus überhaupt gar nicht erreichen, also auch nicht zu seinen Wurzeln gezählt werden dürfen.

Die vorstehenden kurzen Bemerkungen müssen für das vorliegende Werk genügen, denn es würde hier zu weit führen, wollte man eine genaue Begründung der obenstehenden Darstellung antreten. Es kann dies nur der Gegenstand einer monographischen Bearbeitung sein, welche ich auch, sobald ich Zeit finde, an einer anderen Stelle zu versuchen gedenke.

Der *N. abducens*, der letzte der Augennerven, läuft wie die übrigen motorischen Augennerven, in kleine Bündel gespalten durch die Gehirnsubstanz, zwischen den Bündeln der Pyramidenstränge und den beginnenden Querfasern der Brücke in die Höhe. Von seinem Eintritt an ist die Richtung, welche er einschlägt, eine vorwärts und nach der Mittellinie zu gewandte (Fig. 73). Er gelangt aufsteigend bis dicht unter den Boden des Ventrikels, wo er ganz nahe der Mittellinie in seinen aus grossen, fortsatzreichen Zellen bestehenden Kern eintritt. Der Eintritt erfolgt so, dass der Nerv den medialen Rand des Kernes umfasst und sich in einem kurzen Bogen an die obere Seite desselben wendet. (Fig. 73 *VI*.) Auf der ganzen Strecke, welche er neben dem Ganglion herläuft, giebt er in dasselbe seine Fasern ab.

Die Lage des Abducenskerns ist hinter dem des Trigeminus. Er reicht herab bis ziemlich dicht vor die vorderste *Stria medullaris*. Nur ganz hinten aber gehört der Kern dem *N. abducens* allein an, weiter vorne, wo die Bündel des *N. facialis* auftreten, nimmt dieser Nerv die laterale Hälfte des Kernes in Anspruch (Fig. 73 *VII*) und es bleibt für den *N. abducens* nur die mediale Seite übrig. Weiter hat man diesen letzteren Nerven noch nicht verfolgt, besonders ist eine Kreuzung seiner Fasern noch nicht gefunden, da ja gerade umgekehrt,

breite. Das innere Drittel dagegen ist nur sehr kurz mit feinerer [illegible] Plexus bedeckt, wie denn diese Partie auch weniger Zuleitungen zählt als die übrigen Regionen. Abgesehen jedoch von diesen Abweichungen der einzelnen Partien unter sich, hat sich bei allen ausgenommenen als übereinstimmendes Resultat der Untersuchung ergeben, dass der Nerv den Muskel vollständig [illegible] überall grobe und feinere Plexus bildet, Theilungen eingeht und das ganze Gebiet mit mehr oder weniger zahlreichen Nervenendigungen versorgt.

Von [illegible] ist zu sagen, dass derselbe in seinen Bündeln, aus welchen er besteht, gröbere ([illegible] Mm.) und feinere Fasern (0,002 Mm.) [illegible]. Die Zahl seiner Fasern ist nicht bekannt.

II. Literatur der makroscopischen Anatomie des Sehorganes.

§ 12. Da die Literatur der Anatomie des Sehorganes eine sehr umfangreiche ist, so muss ich gleich Eingangs bemerken, dass ich nicht dafür garantiren kann, dass nicht eine Anzahl von Aufsätzen übersehen ist. Ich habe mich bemüht, so vollständig wie irgend möglich die vorhandenen Schriften aufzuzählen und glaube in der That, nun wohl die umfangreichste der bisherigen Literaturzusammenstellung vorlegen zu können. Ich will auch nicht versäumen, rühmend die Vollständigkeit und Genauigkeit früherer Literaturverzeichnisse, wie bei Weber-Hildebrandt, Krause, zum Theil auch bei Arnold u. s. w. anzuerkennen. Sie haben mir die Arbeit nicht wenig erleichtert.

Da der vorstehende Theil des Handbuches von der mikroscopischen Anatomie gänzlich absieht[1], so ist es nicht zu verwundern, dass in manchen Capiteln von Wichtigkeit neuere Literaturangaben fast vollständig fehlen. Da mir bei der Bearbeitung der vorstehenden Seiten aber immer mehr die Einsicht kam, dass die alten Schriftsteller die eigentlichen Meister der makroscopischen Darstellung sind, und dass in den Arbeiten eines Zinn, Rosenmüller literarische Erzeugnisse von unvergänglichem Werthe vorliegen, deren Studium auch heute noch von nicht zu unterschätzendem Nutzen ist, so habe ich mich bemüht neben den neueren Leistungen auch die alten Werke in möglichster Vollständigkeit zu nennen.

Die Einrichtung der folgenden Zusammenstellung ergiebt sich aus den Ueberschriften.

Es mag nur erwähnt werden, dass die Schriften in den einzelnen Abschnitten streng nach dem Jahr des Erscheinens geordnet sind. Bei einzelnen alten Schriften konnte die Jahreszahl jedoch nicht sicher eruirt werden. Dieselben sind an die ungefähre Stelle ihres Erscheinens gestellt worden.

Es muss schliesslich noch bemerkt werden, dass die anatomischen Handbücher in den folgenden Citaten keine Berücksichtigung gefunden haben, da dadurch eine Anhäufung von meist für den Zweck des vorliegenden Handbuches werthlosen Materiales gegeben worden wäre, und ich begnüge mich die wichtigsten Handbücher der verschiedenen Jahrzehnte dieses Jahrhunderts zu nennen.

---

1) Mit Ausnahme der Augennerven, deren Literatur deshalb auch vollständig behandelt werden kann.

1820. J. F. Meckel, Handbuch der menschlichen Anatomie. Halle u. Berlin. 4. Bd. 1820.
1832. F. Hildebrandt's Handbuch der Anatomie des Menschen, herausgegeben von E. H. Weber. Braunschweig. 1832. 4. Bd.
1842. C. F. T. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Hannover. 2. Aufl. 1842. 2. Theil.
1844. E. Huschke, Eingeweidelehre von S. T. Sömmerring's Handbuch vom Bau des menschlichen Körpers. Leipzig. 1844.
1851. F. Arnold, Handbuch der Anatomie des Menschen. Freiburg. 2. Bd. 2. Abthl.
1866. J. Henle, Handbuch der systematischen Anatomie. Braunschweig.

Von französischen Originalwerken ist besonders anzuführen:

J. Cruveilhier, Traité d'anatomie descriptive. Paris 1851. 1852. 3. Aufl.
Ph. C. Sappey, Traité d'anatomie descriptive. Paris 1866—72. 2. Aufl.

Auch die beiden bekannten Handbücher der topographischen Anatomie von Malgaigne und Petrequin enthalten manche werthvolle Notizen.

Von englischen Werken mag genannt werden; Todd's Cyclopaedia und Quain's Handbuch, welch letzteres mir in der Uebersetzung von C. E. E. Hoffmann, Erlangen 1870, vorliegt.

I. Sehapparat im Ganzen, Bulbus im Ganzen, Häute des Bulbus.

1516. Jac. Schalling, ophthalmia, sive disquisitio hermetico-Galenica de natura oculorum, eorumque visibilibus characteribus, morbis et remediis. Erfurti 1516. Fol.
1600. Hieron. Fabricius ab Aquapendente, de visione, voce, auditu. Venetiis 1600. Fol. (Patavii 1603. Fol. Francof. ad M. 1609. Fol.)
1609. Jul. Casserii, Placentini, Pentaestheseion, hoc est de quinque sensibus liber, organorum fabricam variis iconibus fideliter et ad vivum aeri incisis illustratam etc. etc. Venetiis 1609. Fol., Francof. 1610. Fol.
1628. Joh. Fliccius, praes. Joh. Henr. Tonsoris, Theses physicae de sensibus externis Marp. Cattor. 1628. 4⁰.
1632. Vop. Fortunat. Plempius, Ophthalmographia seu tractatio de oculo. Amstel. 1632. 4⁰. Lovanii 1659. Fol.
1635. Martini Hortensii oratio de oculo ejusque praestantia. Amst. 1635. Fol.
1649. Joh. Michaelis resp. J. F. Hornani oculi fabrica, actio, usus; s. de natura visus libellus. Lugd. Bat. 1649. 8⁰.
1669. Ant. Molinetti, Dissertationes anatomicae et pathologicae de sensibus et eorum organis. Patavii 1669. 4⁰.
1676. Guil. Briggs, ophthalmographia s. oculi ejusque partium descriptio anatomica. Cantabrigiae 1676. 12⁰. Lugd. Batav. 1686. (Manget Bibl. anat. Vol. II.)
1677. Marc. Mappi resp. Jo. Braun, Diss. de oculi humani partibus et usu. Argentorati 1677. 4⁰.
1679. Joh. Bapt. Verle, anatomia artificiale dell' occhio umano. Firenze 1679. 12⁰. (Manget Bibl. anat. Vol. II.)
1687. Joh. Dan. Dorsten resp. Georg Schumacher, exercitatio anatomica de oculo. Marburg 1687. 4⁰.
1698. M. G. E. Wagner, spec. inaug. med. de oculo seu delicatissimo nec non curiosissimo machinae humanae organo. Altdorf 1698. 4⁰.
1715. Godofr. Bidloo, de oculis et visu variorum animalium observationes physico-anatom. Lugd. Bat. 1715. 4⁰.

1716. Hovius, tractatus de circul. humor. motu in oculis. Lugd. Bat. 1716.
1716. A. Grischow resp. Jerem. Krüger, polychresta ophthalmographiae methodice ac synoptice consignata. Jena 1716. 4⁰.
1720. Chr. Wedel, epistola ad Fr. Ruyschium, de oculi tunicis, cum ejusdem responsione. Amstel. 1720. 4⁰. (vid. Ruyschii opera.,
1724. J. Dom. Santorini, de oculo. In Santor. observ. anat. Venetiis 1724.
1726. F. P. du Petit, Mémoire sur plusieurs découvertes faites dans les yeux de l'homme, des animaux à 4 pieds, des oiseaux et des poissons. Mém. de Paris. 1726.
1730. John Taylor, Account of the mechanism of the globe of the eye. London 1730. 8⁰. — Le méchanism ou le nouveau traité de l'anatomie du globe de l'oeil, avec l'usage de ses différentes parties, et de celles, qui lui sont contigues. Paris 1738. 8⁰. — Neue Abhandlung von der Zusammensetzung des Auges u. s. w. Frankfurt a. M. 1750. 8⁰.
1732. F. Petit, reflexions sur les découvertes faites sur les yeux. Paris 1732. 4⁰.
1737. J. Demaffé, Diss. de oculi constructione. Lugd. Bat. 1737. 4⁰.
1739. Nic. le Cat, Description anatomique des tuniques communes de l'oeil. Mém. de l'acad. de Paris 1739.
1740. C. N. le Cat, traité de sens. Rothom. 1740. 8⁰. Paris 1767. 8⁰.
1742. Joh. Petr. Lobé, Dissert. de oculo humano. Lugd. Batav. 1742. 4⁰. (Auch in Haller, Coll. dissert. anat. Vol. VII. P. II.)
1746. Petr. Camper, Dissert. de quibusdam oculi partibus. Lugd. Bat. 1746. 4⁰. (Auch in Haller Coll. diss. anat. Vol. IV.)
1747. Heinr. Ludw. Muth, anatomia oculi humani, una cum structura artificiali, oder Zergliederung des menschlichen Auges. Cassel 1747. 8⁰.
1748. Ambros. Bertrandi, Dissertationes II. de hepate et oculo. Taur. 1748. 8⁰.
1752. Gerard. Jac. Schutt, Diss. de proximo visus organo. Traj. ad. Rhen. 1752. 4⁰.
1753. J. G. Zinn, Observat. de vasis subtilioribus oculi. Göttingen 1753.
1754. Jo. Grg. Zinn, De differentia fabricae oculi humani et brutorum. Commentar. soc. reg. Gottingens. Vol. IV. 1754. p. 191.
1755. Jo. Gottfr. Zinn, Descriptio anatomica oculi humani iconibus illustrata Gotting. 1755. 4⁰. Nunc altera vice edita, et necessario supplemento, novisque tabulis aucta ab Henr. Aug. Wrisberg. Göttingen 1780. 4⁰.
1758. Hill, The fabrique of the eye. London 1758.
1759. Wll. Porterfield, a treatise on the eye, the manner and phaenomena of vision. Edinb. 1759. 8⁰.
1761. Th. Gataker, an account of the structure of the eye. London 1761. 8⁰.
1763. Alb. Lentfrink, Diss. de fabrica oculi ejusque usu tam praesente quam absente lente crystallina. Lugd. Bat. 1763. 4⁰.
1771. J. F. Häseler, Betrachtungen über das menschliche Auge. Hamburg 1771. 8⁰.
1772. Jean Janin, Mémoires et observations anatomiques, physiologiques et physiques sur l'oeil et sur les maladies, qui affligent cet organe. Lyon 1772. 8⁰. (Deutsch: Abhandlung über das Auge und dessen Krankheiten. Berlin 1776. 8⁰.)
1773. Joh. Warner, A description of the human eyes, with their principal diseases. London 1773. 8⁰.
1774. Edm. Simpson, Tentamen anatomico-physiologicum de oculo humano. Edinb. 1774. 8⁰.
1777. Jo. Klinger, Diss. sist. structuram oculi. Viennae 1777. 8⁰.
1780. Henr. Wilh. Matth. Olbers, Diss. de oculi mutationibus internis. Gotting. 1780. 4⁰.
1786. J. Fr. Blumenbach, De oculis Leucaethiopum et iridis motu commentatio. Gotting. 1786. 4⁰.
1792. Magn. Horrebow, Tractatus de oculo humano ejusque morbis. Hafniae 1792. 8⁰.
1797. (Jo. Chr. Reil) Bogisl. Conr. Krüger, Diss. de oculi mutationibus internis. Halae 1797. 8⁰.

1797. Al. Monro, Three treatises on the brain, the eye and the ear. Illustr. etc. Edinb. and London 1797. 4⁰.

1799. Car. Fr. Hinke, Descriptio structurae oculi humani, tabulis anatom. a per. Lodero editis accomodata. Jenae 1799. 4⁰.

1801. S. Th. Sömmerring, Abbildungen des menschlichen Auges. Frankf. a. M. 1801. Fol. (Lat. ebenso.) (Ins Franz. übersetzt von A. P. Demours 1818.)

1803. J. L. Angely, De oculo organisque lacrymalibus ratione aetatis, sexus, gentis et variorum animalium. Erlang. 1803. 8⁰.

1803. Le Febure, Histoire anatomique, physiologique et optique de l'oeil. Par. 1803. 8⁰.

1804. Dietr. Grg. Kieser, Diss. de anamorphosi oculi. Gotting. 1804. 4⁰.

1810. Joh. Fr. Schröter, Das menschliche Auge nach der Darstellung des Herrn Sömmerring im Profildurchschnitt noch mehr vergrössert abgebildet. Mit einem Vorbericht von J. C. Rosenmüller. Weimar 1810. Fol.

1810. Chr. Heinr. Th. Schreger, Versuch einer vergleichenden Anatomie des Auges und der Thränenorgane des Menschen, nach Alter, Geschlecht, Nation etc. und der übrigen Thierklassen. Leipzig 1810. 8⁰.

1810. Guil. Gottl. Voit, Comment. med. exhibens oculi humani anatomiam et pathologiam, ejusdemque in statu morboso exstirpationem. Norimberg. 1810. 4⁰.

1811. Rosenthal, Ueber das Auge. Reils Archiv, Bd. X. 1811.

1814. Francisc. Martegiani, Novae observationes de oculo humano. Neapel 1814. 8⁰.

1814. Edwards Beiträge zur Kenntniss der Structur des Auges. (Bul. de la soc. philom. 1814.) Meckels Arch. Bd. I.

1817. J. Döllinger, Illustratio ichnographica fabricae oculi humani. Wirceb. 1817. 4⁰.

1817. Baudet-Dulary, Thèse sur l'oeil et la vision. Paris 1817.

1818. D. W. Sömmerring, De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio. Göttingen 1818. Fol.

1818. Hegar, Dissert. de oculi partibus quibusdam. Götting. 1818.

1819. Fr. Müller, Anatomische und physiologische Untersuchungen über einige Theile des Auges etc. (Mém. de la soc. méd. d'émul.) Meckels Arch. Bd. IV.

1820. A. K. Hesselbach, Bericht von der königl. anat. Anstalt zu Würzburg, mit einer Beschreibung des menschlichen Auges und der Anleitung zur Zergliederung desselben. Würzburg 1820. 8⁰.

1820. C. F. Simonson, Tractatus anatomico-physiolog. de oculo. Hafniae 1820.

1821. C. H. T. Schreger, Vergleichende Ansicht der Augen nach ihrer Grösse, Form, Farbe und Stellung durch alle Thierklassen. Abhandl. der phys. med. Soc. zu Erlangen. I. Bd.

1822. Everard Home, On the anatomical structure of the eye, illustrated by microscopical drawings executed by F. Baur. Philos. transact. (Meckels Arch. Bd. VIII.)

1822. Thom. Young, The Bakerian lecture on the mechanism of the eye. Phil. transact.

1823. Arthur Jacob, Inquiries respecting the anatomy of the eye, communicated by Earle. Medico-chirurg. transact. Vol. XII.

1823. Werneck, Betrachtung ophthalmol. Gegenstände. Medicin. chir. Zeitung 1823. I. Bd.

1826. Joh. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere, nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick. Leipzig 1826. 8⁰.

1828. M. J. Weber, Ueber die wichtigsten Theile des menschlichen Auges in Gräfes und Walthers Journal für Chirurgie. Bd. XI.

1828. G. R. Treviranus, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. I. Heft. Beiträge zur Lehre von den Gesichtswerkzeugen und dem Sehen des Menschen und der Thiere. Bremen 1828. Fol.

1828. A. Watson, Anatomical description of the human eye illustrated by a coloured plate. London 1828.

1830. F. A. Ammon, Zeitschrift für die Ophthalmologie. Dresden 1830. Bd. I—V.

[illegible]

[illegible] London [illegible]

[illegible] Archiv für Ophthalmologie. [illegible]

[illegible] zur Anatomie und Physiologie des Auges [illegible] herausgegeben von [illegible] Leipzig [illegible]

II. Orbita.

[illegible] in den anatomischen Handbüchern [illegible] die von Zinn und von Rosenmüller [illegible] die von Krause, Hyrtl, Henle [illegible] Die Abbildungen von Albin, Zinn, Sömmering, Henle [illegible] allgemein bekannt sind.

[illegible]

[illegible]

[illegible] Frorieps Notizen. [illegible]

1848. Gruber, Seltene Beobachtungen aus dem Gebiete der menschlichen Anatomie, Müllers Archiv 1848. (Fehlen des Thränenbeines.)

1850. W. Gruber, Bulletin physico-mathematique de l'académie des sciences de Petersbourg. T. VIII. 1850.

1851. Czermák, Ueber einen eigenthümlichen Schaltknochen am Augenhöhlendache des Menschen. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. 3. Bd.

1852. Schultz, Bemerkungen über den Bau des Menschenschädels. Petersburg 1852. 8⁰. (Varietäten.)

1853. Froment, Recherches sur plusieurs points d'anatomie. Paris 1853. 8⁰. (Fiss. orb. infer.)

1854. W. Gruber, Abhandlungen aus der menschlichen und vergleichenden Anatomie. Petersburg. 4⁰.

1857. Luschka, Die Nervi spheno-ethmoidales. Müllers Archiv 1857.

1857. O. Heyfelder, Zur Resection des Oberkiefers (Fiss. orb. infer.). Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie. Bd. XI. 1857.

1858. H. Müller, Ueber einen glatten Muskel der Augenhöhle des Menschen und der Säugethiere. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. IX. 1858.

1858. H. Luschka, Das Nebenthränenbein des Menschen. Müllers Archiv. 1858.

1858. W. Krause, Ueber das Foramen supraorbitale. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe, II. Bd. 1858.

1859. Schwegel, Knochenvarietäten. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe, Bd. V.

1859. Halbertsma, De sutura infraorbitali. Verslagen en Mededeelingen der Koningklijke Akademie van Wetenschappen. (Afdeeling Natuurkunde.) Deel IX. 1859.

1860. Mayer, Das Nebenthränenbein. Archiv für Anatomie 1860. (Prioritätsrecl.)

1861. Schwegel, Knochenvarietäten. Zeitschr. für rat. Medicin. 3. Reihe, Bd. XI. 1861.

1862. Turner, Upon a non scriped muscle connected with the orbital periosteum of man and mammals. The natural history review 1862.

1863. Langer, Ueber den Canalis infraorbitalis. Wiener Wochenschrift 1863 N. 37.

1865. J. Harling, Ueber die Membrana orbitalis der Säugethiere und über glatte Muskeln in der Augenhöhle und den Augenlidern des Menschen. Zeitschrift für rat. Medicin. Bd. XXIV. 1865.

1869. Magnus, Sutura zygomatico-sphenoidalis. Archiv für pathologische Anatomie. Bd. XLVII. 1869.

1871. Mannhardt, Musculäre Asthenopie und Myopie (Orbita). Archiv für Ophthalmologie. 17. Bd. II. Abtheilung. 1871.

1873. J. Gayat, Essays de mensuration de l'orbite. Annal. d'oculistique 1873. [1])

[1]) Diese Abhandlung kam zu spät in meine Hände, um noch für die in § 7 angegebenen Massbestimmungen verwerthet werden zu können. Gayat betrachtet bei den Tiefenmessungen der Orbita die untere Wurzel der Ala orbitalis des Keilbeins als Spitze der Pyramide, ein Punkt, der auch in den von mir ausgeführten Messungen in gleicher Weise benützt wurde. Seine vorderen Endpunkte kann ich nicht für richtig halten. Es sind dies vier verschiedene anatomische Punkte in der Gesichtsöffnung der Orbita, welche als solche kein Totalbild der ganzen Orbita, sondern nur Specialnotizen über die einzelnen Wände der Augenhöhle geben können. — Ich halte für die einzig richtige Messung nur diejenige, welche von der Horizontalstellung des Schädels ausgeht. Nach der in Jhering's Aufsatz (Arch. für Anthropologie, Bd. V. 1872) angegebenen Horizontale wird der Schädel aufgestellt und dann mittelst Visirens die horizontale und verticale Halbirungslinie der Gesichtsöffnung der Augenhöhle gefunden. Mit Wachs werden nun Fäden diesen Linien entsprechend, befestigt. An dem Punkte, in welchem sie sich schneiden, hat man den Beginn der Orbitalaxe. Das Ende setze ich, wie bemerkt, mit Gayat auf die untere Wurzel des kleinen Keilbeinflügels. Durch die Fäden ist nun zugleich Höhe und Breite der Gesichtsöffnung der Orbita bestimmt, und können mit dem Zirkel abgestochen werden. Gerade die Entbehrlichkeit jeden anatomischen Punktes und die Möglichkeit, sich ganz unbefangen nur an die Gestalt der Augenhöhle selbst halten zu können, halte ich für den

III. Nervus opticus.

Die älteren Schriften über den *Nervus opticus* bemühen sich fast sämmtlich zu ergründen, ob im Chiasma eine totale Kreuzung der Opticusfasern vorhanden ist oder nicht. Als man die Unmöglichkeit dieses Räthsel mit den damaligen Mitteln zu lösen, einsah, versuchte man nach J. MÜLLER's Vorgang auf physiologischem Wege zum Ziele zu kommen. Auch dies wollte nicht gelingen, und nun ist mittlerweile die mikroscopische Anatomie so weit gekommen, um die Frage abzuschliessen. Die Literatur der letzteren wird bei dem betreffenden Abschnitt genannt werden.

Was die Varietäten des *N. opticus* anlangt, so nenne ich nur diejenigen Autoren, welche in der unten angeführten Schrift von KRAUSE und TELGMANN vergessen sind.

Die physiologischen Experimente und pathologischen Beobachtungen, welche für und wider die totale Kreuzung der Sehnerven in der Literatur niedergelegt sind, habe ich hier nicht citirt, sie sind mit grosser Vollständigkeit in WEBER-HILDEBRANDT's Handbuch der Anatomie, III. Bd. p. 437—440 aufgezählt.

1591. Const. Varolius, De nervis opticis, nonnullisque aliis praeter communem opinionem in humano capite observatis. Frankfurt 1591. 8⁰.

Valverdus, Anat. c. h. VII c. p. III. (Fehlen des Chiasmas.)

1642. Lösel, Scrutinium renum Regiomontan. 1642. (Fehlen des Chiasmas.)

1675. Leeuwenhoek, Microscopical observations, concerning the optic nerve. Philos. transactions 1675.

1728. D. Bernoulli, Experimentum circa nervum opticum. Comment. acad. sc. Petropol. Bd. I. 1728.

J. A. Heyn, Disquis. inaugur. exhibens animadversiones anat. juxta nervum opticum atque amphiblestroidem tunicam. Kilonii (ohne Jahreszahl). 4⁰.

1738. J. F. Henckel, De nonnullis singularibus circa nervos opticos (Epistola gratulat., Halae 1738. 4⁰.

1744. J. G. Walter, Von der Einsaugung und Durchkreuzung der Sehnerven. Berlin 1744. 8⁰.

1749. Jo. Juncker resp. J. H. Möller, Dissert. exhibens nonnullas observat. circa tunicam retinam et nervum opticum.

1786. S. T. Sömmerring resp. F. N. Nöthig, Dissert. de decussatione nervorum opticorum. Moguntiae 1786. 8⁰. (Ludwig, Script. neurol. min. Bd. I.)

1790. P. Michaelis, Ueber die Durchkreuzung der Sehnerven. Mit Anm. von Sömmerring. Halle 1790. 8⁰.

1791. N. U. Stieck, Diss. de quinque prioribus encephali nervis. Gotting. 1791. 8⁰.

1793. Ad. Murray resp. Joh. Ackermann, Sciagraphica nervorum capitis descriptio, et quidem paris 1—5. Upsal. 1793. 4⁰.

1805. Weber, Anatom. physiol. Erklärung der Sinnesverrichtung des Gesichtes. Reils Archiv. Bd. VI.

1824. W. H. Wollaston, On semidecussation of the optic nerves. Philos. transact. 1824. P. I.

1826. Joh. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick. Leipzig 1826.

Hauptvorzug der in Vorstehendem empfohlenen Messmethode. Man wird durch sie stets ein richtiges Resultat zu erhalten im Stande sein.

GAYAT schliesst seine Arbeit mit der Angabe des Cubikinhaltes der Augenhöhle. Er findet die Zahlen: »27, 33, 31, 27, 29, 29, 31, 33, 25, 32, 31 centimètres cubes, dont la moyenne est 29 centimètres cubes, 828 millim. cubes.«

1834. S. A. W. Stein, De thalamo optico et origine nervi optici etc. Havniae 1834. 4⁰.
1843. Erdl, Ursprung des Sehnerven. Dieterichs neue med. Zeitg. Jan. 1843.
1845. Nicolucci, Sul chiasma de nervi ottici. Il Filiatro Sebezio 1845.
1852. L. Türck, Ueber Compression und Ursprung des Sehnerven. Zeitschr. Wiener Aerzte. Oct. 1852.
1855. F. C. Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Gräfes Archiv für Ophthalmologie. Bd. I. Abth. 2.
1861. Biesiadecki, Ueber das Chiasma nervorum opticorum des Menschen etc. Wiener Sitzungsberichte. Bd. 42. 1861.
1863. J. Wagner, Ueber den Ursprung der Sehnervenfasern im menschl. Gehirn. Dorpat 1863. 4⁰.
1868. T. Leber, Beiträge zur Kenntniss der atrophischen Veränderungen des Sehnerven nebst Bemerkungen über die normale Structur des Nerven. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XIV. Abth. 2.
1868. W. Krause u. J. Telgmann, Die Nervenvarietäten beim Menschen. Leipzig 1868. 8⁰.
1869. G. Schwalbe, Der Arachnoidealraum ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perichoroidealraum. Med. Centralblatt N. 30. 1869.
1870. G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Archiv für mikroscopische Anatomie. Bd. VI. 1870.
1872. Gudden, Kreuzung im Chiasma. Correspondenzblatt für schweizer Aerzte.
1873. Michel, Ueber den Bau des Chiasma nervorum opticorum. Archiv für Ophthalmologie 1873.

IV. Die einzelnen Theile des Bulbus.

a. Tunica oculi externa; Humor aqueus.

Die äussere Augenhaut und der *Humor aqueus* müssen deshalb hier zusammengenommen werden, weil sie in den älteren Schriften fast durchweg mit einander behandelt worden sind. Dass in den folgenden Angaben auch die Schriften über den *Canalis Schlemmii* (*Sinus venosus*) genannt werden, ist selbstverständlich; auch die Veröffentlichungen über den nicht existirenden *Canalis Fontanae* werden aufgeführt. Die Arbeiten über den Krümmungsradius der Hornhaut werden bei der Literatur der Maassangaben genannt werden. Von den obengenannten Schriften gehört noch hauptsächlich hierher die von Hueck.

1691. Salomo Reisel, Cornea, tunica multiplex. Miscell. acad. nat. cur. Dec. II ann. 10. 1691.
1723. F. P. du Petit, Mémoire sur les yeux gélés, dans lequel on détermine la grandeur des chambres, qui renferment l'humeur aqueuse. Mém. de Paris 1723.
1728. F. P. du Petit, Différentes manières de connaître la grandeur des chambres de l'humeur aqueuse dans les yeux de l'homme. Mém. de Paris 1728.
1728. Laurentius Heister, De humore oculi aqueo, utrum ante uveam, an post. illam sit. copiosior. Ephem. Nat. cur. Cent. 7 et 8. (Weber-H. cit.)
1729. B. Duddel, Treatise of the diseases of the horny coat in the eye. London 1729.
1741. P. Demours, Observations sur la cornée. Mém. de l'acad. de Paris 1741.
Brisseau, Traité de la cataracte. (Zinn cit.)
1743. B. D. Mauchart resp. F. G. Georgi, Diss. de cornea oculi tunica. Tubing. 1743. (Hallers coll. Diss. anat. Vol. IV.)
1758. J. Descemet (praes. Vallun) Diss. an sola lens crystallinae cataractae sedes. Paris 1758.
1759. A. E. Büchner resp. B. A. Stier, Dissert. de tunica quadam oculi novissime detecta. Halae 1759. 4⁰.
1767. A. J. Bose, De morbis corneae ex ejus fabrica declarandis. Lipsiae 1767. 4⁰.
1767. P. Demours, Lettre à Mr. Petit Paris 1767. 8⁰.

1768. J. Descemet, Mém. sur la choroide in Mém. prés. à l'acad. par des savans étrangers. Vol. V. 1768.

1770. P. Demours, Nouvelles réflexions sur la lame cartilagineuse de la cornée. Par. 1770. 8°.

1781. F. Fontana, Traité sur le vénin de la vipère — avec observations sur la structure primitive du corps animal. Florenz 1781. Deutsch. Berlin 1787. 4°. (Description d'un nouveau canal de l'oeil.) [1])

1801. J. Ch. Loder, Progr. arteriolarum corneae brevis expositio. Jenae 1801. 4°.

1807. S. Sawrey, Account of a newly discovered membran in the human eye etc. London 1807. 4°.

1810. H. Gerson, Dissert. de forma corneae oculi humani. Götting. 1810.

1816. Al. Clemens, Diss. sist. tunicae corneae et humoris aquei monographiam physiologico-pathologicam. Götting. 1816. (rec. in Radius, Script. ophthalm. minor. Vol. I.

1818. M. J. Chelius, Ueber die durchsichtige Hornhaut des Auges, ihre Funktionen und ihre krankhaften Veränderungen. Karlsruhe 1818. 8°.

1829. C. F. Riecke, Diss. de tunica cornea quaedam. Berolini 1829. 8°.

1830. v. Ammon, Ueber den Annulus conjunctivae. Rusts Magazin f. ges. Heilkunde 30. Bd.

1830. Schlemm, Ueber einen neuentdeckten Canal im Menschenauge. Ammons Ztschr. f. Ophth. Bd. I.

1832. Fr. Arnold, Ueber den Fontana'schen Canal im Menschenauge. Ammons Ztschrft. Bd. II, Tiedemanns Ztschr. Bd. V.

1833. R. Hibl, Diss. de cornea. Vindobonae 1833.

1834. Retzius, Ueber den Circulus venosus im Auge. Müllers Archiv 1834.

1835. Werneck, Ueber die Wasserhaut und das Linsensystem des Auges. Ammons Ztschr Bd. IV.

1836. M. A. Unna, Com. de tunica humoris aquei. Heidelberg 1836. 8°.

1839. M. Erdl, Disquisitionum anat. de oculo Part. I De membrana Sclerotica Monach. 1839. 4°.

1849. Bochdalek, Ueber die Nerven der Sclerotica. Prager Vierteljahrsschrift 1849 Bd. IV.

1856. Dornblüth, Ueber den Bau der Cornea oculi. Zeitschr. für rat. Med. Bd. 8. (Lamellenzahl).

1856. His, Beitr. zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. Basel 8°. 1856.

1856. H. Müller, Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie. Archiv für Ophthalmologie Bd. II. Abth. 2. (Maasse der Demours'schen Haut.)

1867. P. Pelechin, Ueber den sogenannten Canal von Fontana oder Schlemm, den Raum zwischen Cornea, Sklera und Ciliarmuskel. Archiv für Ophthalmol. Bd. XIII. 2.

1869. A. Iwanoff u. A. Rollet, Bemerkungen zur Anatomie der Iris-Anheftung und des Annulus ciliaris. Archiv für Ophthalmologie Bd. XV. Abth. 1. (Fontana'scher Canal.

1869. Hjalmar Heiberg, Periferien af tunica Descemeti og dens inflydelse pa accomodationen. Nordiskt mediciniskt arkiv.

1870. G. Schwalbe, Untersuchung über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Archiv f. mikrosc. Anat. Bd. VI.

1870. J. D. Macdonald, On the minute Anatomy of some parts concerned in the functions of accomodation to distance, with physiolog. notes. Quarterly journ. of microscop. sciences July.

---

[1]) Bei W. Hildebrandt findet sich noch angegeben: Adolph Murray, descriptio anatomica canalis cujusdam in interiori substantia corporum ciliarum oculi nuper observati. In Nov. act. Upsal. III. Dieselben stehen mir nicht zu Gebote, ich kann sie deshalb auch nicht chronologisch einordnen. Sie müssen jedoch nach ähnlichen Publicationen Murray's zu schliessen zwischen 1790 und 1800 erschienen sein.

b. Tunica oculi media.

Die Literatur der einzelnen Theile der mittleren Augenhaut von einander zu trennen, wie es in den älteren Verzeichnissen durchweg geschehen ist, scheint deshalb nicht gut durchführbar zu sein, weil die einzelnen Gebilde dieser Membran zu verschiedenen Zeiten ganz verschieden eingetheilt wurden, und deshalb mancherlei Inconsequenzen nicht zu vermeiden gewesen wären. Der Hauptinhalt der unten genannten Schriften lässt sich ja auch stets aus deren Titel erkennen. Wo Zweifel möglich sein würden, wurde in Klammern der Theil der *Tunica media* beigesetzt, der in der betreffenden Publication besprochen ist. Die Pigmentmembran wurde von der mittleren Augenhaut hier nicht getrennt, da sämmtliche älteren Schriften sie zu derselben rechnen. Auch diejenigen Schriften, welche die Topographie des Ciliarkörpers der Iris u. s. w. behandeln, werden unten angeführt. [1])

1669. Stenson, Myolog. spec. Amstelod. 1669 p. 106.

1678 et 1679. Steph. Spleiss, de chorioidea seu uvea versicolore. Miscell. acad. nat. cur. Dec. I ann. 9 et 10. 1678 et 1679 p. 452.

1716. J. Hovius, De circulari humorum motu in oculis. Lugd. B. 1716. 8°. Das. 1740. (Choroidea.)

1721. Winslow, Mém. de l'acad. de Paris 1711. (Choroidea.)

1737. Ruysch, Responsio in epist. XIII de oculorum tunicis und opp. omnia Amst. 1737. in Thesaurus anatom. II, in Opp. (1737).

1738. Laur. Heister resp. Jo. Sigism. Luicker, Diss. de tunica oculi chorioidea (Harderov. 1738. 4°.) Hdmst. 1746. 4°.

1738. Jo. Zach. Platner, Progr. de motu ligamenti ciliaris in oculo. Lips. 1738. 4°.

1753. J. G. Zinn, Diss. de ligament. ciliari. Gött. 1753. 4°.

1754—1768. B. S. Albin, De tunica Ruyschiana et chorioidea oculi, in Annot. ac Lib. VII.

1759. B. A. Stier, Praes. Buchner, Diss. de tunica quadam oculi novissima detecta. Hal. 1759. 4°. (Suprachoroidea.)

1768. J. Descemet, Mémoir. sur la choroide. Mém. prés. à l'academie par des savans étrangers. Vol. V. 1768.

1786. Blumenbach, De oculis leucaethopium et iridis motu. Gott. 1786.

1791. C. Mondini, De oculi pigmento. Bonon. 1791. Vol. VII.

1800. H. F. Elsaesser, De pigmento oculi nigro et cet. Tübing. 1800. 8.

1800. Jo. Fr. Nickels, Diss. sist. iridis anatomiam et pathologiam, physiologiam et morborum hinc oriundorum therapiam. Jenae 1800. 8°.

1804. Kieser, De anamorph. oculi 1804. (ganze Choroidea.)

1812. L. Gmelin, Diss. sist. indagationem chemicam pigmenti nigri oculorum taurinorum. Gott. 1812. 8°.

1812. J. P. Maunoir, Mém. sur l'organisation de l'iris et l'operation de la pupille artificielle. Paris 1812. 8°.

R. B. Sabatier, Rapport sur un mém. de Maunoir. Mém. de l'inst. nat. Vol. II.

1817. F. Ribes, Mém. sur les procés ciliaires, sur le corps vitré etc. Mém. de la soc. d'émulation. Vol. VIII. 1817. (Meckels Archiv. Band IV.)

1818. Coli, Sul nero pigmento del occhio. Opuscoli scientif. di Bologna. Fasc. VII. 1818.

1818. J. Cloquet, Mémoires sur la membrane pupill. et sur la formation du petit cercle arter. de l'iris, à Par. 1818. 8°.

1818. M. Mondini, Sul nero pigmento dell' occhio. Opusc. scientif. di Bologna. Fasc. II. 1818.

[1]) Um jeden Irrthum unmöglich zu machen, bemerke ich hier nochmals ausdrücklich, dass die oben auf p. 21 u. 27 gegebene Figur in Bezug auf die Lage der Iris der Natur nicht völlig entspricht, dass durch die Einwirkung der härtenden Flüssigkeit diese Membran verschoben, und die hintere Augenkammer deshalb grösser, als es im Leben je vorkommen kann, erscheint.

1819. A. Jacob, An account of a membrane in the eye now first described. Phil. transact. 1819. (Meckels Archiv B. VI.) (Choroidea.)
1820. Jos. Jul. Gaspary, Diss. descriptio iridis anatomica et physiologica. Berolin 1820. 8⁰.
1820. E. Herzberg, Diss. disquisitiones quaedam anatomico-physiologicae circa iridem. Berol. 1820. 8⁰.
1821. S. Th. Sömmerring, Ueber das feinste Gefässnetz der Aderhaut im Augapfel. In Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften. München 1821. B. VII.
1821. E. H. Weber, Tract. de motu iridis. Lps. 1821. 4⁰.
M. J. Weber, Ueber die wichtigsten Theile des menschl. Auges, in Graefes u. Walthers Journal Bd. XI.
1822. E. Home (u. F. Baur), On the anatomical structure of the eye, in philos. Transact. 1822. u. in Meckels deutsch. Archiv Bd. VIII.
1823. A. Jacob, Inquiries respecting the anatomy of the eye in Med. chir. Transact. Vol. VII. 1823. (Iris.)
1824. M. Mondini, Osservazione sul pigmento nero del occhio. (Archiv. gener. de Méd. 1824. Juillet.)
1825. A. Desmoulins, Mémoire sur l'usage des couleurs de la choroide dans l'oeil des animaux vertebres. Magendie Journal de phys. exper. Vol. IV. 1825 p. 89.
1830. F. Schlemm im Berliner encyclop. Wörterbuch der med. Wissensch. Bd. VI.
1831. F. Arnold, Salzb. med. chir. Zeit. 1831. (Ammons Zeitschrift. Bd. II, Heft III.) (Arachnoid.)
1832. B. Eble, Ueber das Strahlenband im Auge. Ammons Zeitschr. Bd. II. Heft 2.
1832. F. Arnold, Anat. u. physiol. Untersuchungen über das Auge des Menschen. Heidelberg u. Leipzig 1832. 4⁰. (Arachnoidea.)
1832. v. Ammon, Beiträge zur Anatomie, Physiologie u. Pathologie des Orbic. ciliaris in dessen Zeitschrift Band II, Heft II.
1832. C. F. T. Krause, Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges, in Meckels Archiv f. A. u. Phys. Bd. VI. 1832.
1833. Th. Wharton Jones, Notice relative to the Pigmentum nigrum of the eye. Edinb. med. and surg. Journal. No. 116. July 1833.
1836. J. M. Gottsche, Ueber das Pigment des Auges, in Pfaffs Mittheilungen aus d. Geb. d. Med. 1836.
1836. R. Langenbeck, De retina 1836. (Choroidealepithelzellen.)
1836. M. A. Unna, Comm. de tunica humoris aquei. Heidelberg 1836. 8⁰.
1836. C. F. T. Krause, Fortgesetzte Untersuchungen in Poggendorffs Annalen Bd. 39. 1836.
1836/1837. G. Valentin, Feinere Anatomie der Sinnesorgane des Menschen und der Wirbelthiere in dessen Repertorium (No. 194). Band I u. II. 1836. u. 1837.
1837. U. Palmedo, Com. de iride. Berol. 1837. 8⁰.
1837. C. Krause, Ueber die Pigmenthaut. Müllers Archiv 1837. Jahresbericht XXXVIII.
1839. A. Hueck, Die Bewegungen der Krystallinse. Dorpat 1839. 4⁰.
1840. Kobelt, Ueber den Sphincter der Pupille in Frorieps neuen Notizen 1840. No. 302.
1841. Jos. Lenhossék, De iride. Budae 1841.
1841. Grimelli, On the vascular structure of the Iris, aus Annali universali di Medic. 1841.
1842. —— On the vascular structure of the Iris in Lond. and Edinb. Monthly Journ. Jan. 1842. p. 58.
1843. Petrequin, Untersuchungen über die Bewegung der Lider, die Insertion der Augenmuskeln, die Farbe der Iris im Verh. zum Klima etc. in Annal. d'oculistique p. Cunier 1843. Sept.
1843. R. C. Hall, On structure and function of the Iris. Dublin. medic. Press. 1843.
1846. E. Brücke, Ein neuer Muskel im Auge (Tensor choroideae). Med. Zeit. d. Vereines für Heilkunde in Preussen No. 27.; ferner Ueber den Musculus Cramptonianus und den Spannmuskel der Chorioidea. Müllers Archiv 1846. p. 370.

1850. Bochdalek, Beiträge zur Anatomie des Auges. Ueber das Lig. ciliare und die Nerven der Chorioidea. Prager Vierteljahrsschrift Bd. I. p. 150 ff. Ueber die Lamina fusca. Id. p. 144.

1853. A. Cramer, Het accommodatie vermogen der oogen. Haarlem 1853. 4⁰. (Topographie der Iris; gegen hintere Augenkammer.)

1855. van Reeken, Ontleedkundig onderzoek van den Toestel voor accomodatie van het oog. Nederlandsch Lancet Juli en Aug. 1855. (Topographie.)

1855. Budge, Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. 8⁰.

1856. H. Müller, Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie. Archiv für Ophthalmologie II, 2 u. III, 1. (Choroidea.)

1856. Rouget, Recherches anatomiques et physiologiques sur les appareils erectiles, appareils de l'adaption de l'oeil. Comptes rendus 19. Mai 1856. (Iris.)

1856. —— Note sur la convexité de l'iris et la non-existence d'une chambre, postér. de l'oeil. Gaz. méd. N. 50.[1]).

1857. Arlt, Archiv für Ophthalmologie Band III. Abth. 2. (Topographie.)

1858. J. Mannhardt, Bemerkungen über den Accommodationsmuskel u. d. Accommodation. Archiv f. Ophthal. Bd. IV. 1.

1861. Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. XXI. (Ciliarmuskel, Augenkammer.)

1862. H. Müller, Bemerkungen über die Zapfen am gelben Fleck d. Menschen. Würzb. nat. Zeitschr. Bd. II. (Farbe d. Choroidea.)

1863. Gruenhagen, 1) Medic. Centralblatt No. 37. 2) Ueber Irisbewegung. Virchow Archiv Bd. 30. 3) Ueber das Vorkommen eines Dilatator pupillae in der Iris des Menschen und der Säugethiere. Zeitschr. für rat. Med. 3. Reihe. Bd. 28. 4) Anmerkung zum Aufsatz von S. Schur. Zeitschr. für rat. Med. Bd. 31. 5) Ueber den vermeintlichen Dilatator der Kaninchen-Iris. Zeitschr. für rat. Med. Bd. 36. 6) Zur Frage über die Irismusculatur. Archiv für mikroscop. Anat. 9. Bd. II. Heft. Jan. 7) Ueber die hinterste Schichte der menschlichen Iris 1873. Archiv für mikroscop. Anat. 9. Bd. IV. Heft.

1863. J. Arnold: Ueber die Nerven und das Epithel der Iris. Archiv für pathol. Anat. u. Phys. Bd. XXVII.

1863. O. Becker, Ueber die Lage und Function der Ciliar-Fortsätze am lebenden Menschenauge. Wiener med. Jahrbücher.

1865. T. Leber, Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschlichen Auges Wien, 4⁰.

1867. F. E. Schulze, Der Ciliarmuskel des Menschen. Archiv für mikrosc. Anatomie Bd. III.

1868. G. Schwalbe, Ueber ein mit Endothel bekleidetes Höhlensystem zwischen Choroidea und Sklera. Med. Centralbl. 54.

1868. G. Calderini, Del contatto dell' iride colla lenta cristallina nell' occhio umano. Torino 1868. 8⁰.

1868. Hüttenbrenner, Untersuchungen über die Binnenmuskeln des Auges. Wiener Sitzungsberichte.

1868. Fr. Merkel, Zur Anatomie der Iris. Henle u. Pfeuffer. Zeitschr. für rat. Med. Bd. 31.

1869. G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begränzungen. Archiv für mikroscopische Anatomie Bd. VI.

1869. Fr. Merkel, Der Dilatator pupillae. Henle und Pfeuffer. Zeitschrift für rat. Medicin. Bd. 34.

1869. A. Iwanoff u. A. Rollett, Bemerkungen zur Anatomie der Iris-Anheftung und des Annulus ciliaris. Archiv für Ophthal. Bd. XV.

---

[1]) In demselben Jahr 1856 erklärt sich Helmholtz (physiol. Optik) und Waller (Observ. microsc. sur la circulat. etc. Compt. rendus 29. Sept.) gegen eine hintere Augenkammer.

1869. A. Iwanoff, Beiträge zur Anatomie des Ciliarmuskels. Archiv für Ophthal. Band XV. 3.
1870. Fr. Merkel, Die Zonula ciliaris. Leipzig 8⁰.
1870. G. Schwalbe, De canali Petiti et de zonula ciliari. Halis 1870. 8⁰.
1870. Dogiel, Ueber den M. dilatator pupillae bei Säugethieren und Vögeln. Schultzes Arch. Bd. VI.
1871. A. Iwanoff, Tunica vasculosa. Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Leipzig 1871.
1873. Fr. Merkel, Die Muskulatur der menschlichen Iris. Rostock 1873.

c. Tunica intima oculi.

Die älteren Arbeiten über die Retina haben fast nur historischen Werth. Sie behandeln zum grössten Theil Dinge, welche nicht vorhanden sind; so z. B. das Centralloch, die Centralfalte, hirnähnliche Windungen der Netzhaut. Sie mögen der Vollständigkeit halber einen Platz finden.

Von oben citirten Schriften gehören besonders hierher ZINN, J. DÖLLINGER, M. J. WEBER, FRÄNZEL, HUSCHKE, VALENTIN, HANNOVER.

1726. Petit, Mém. Acad. Roy. Scienc. (Retina faltenlos.)
Hevermann, Physiolog. (citirt bei Zinn, Retina faltenlos.)
1749. Jo. Junker resp. J. H. Möller, Diss. exhibens nonnullas observationes circa tunicam retinam et nervum opticum. Hal. Mgd. 1749. 4⁰.
P. de la Hire, Observation sur la rétine considerée comme le principal organe de la vue. Mém de Paris Vol. IX.
B. S. Albin, De membrana, quam vocant retinam. Annotat. acad. Lib. III.
1795. S. T. Sömmerring, De foramine centrali retinae humanae limbo luteo cincto. Commentar. soc. reg. Gotting. Vol. XIII. 1795—1798.
1798. Ph. Michaelis, Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschl. Auges. Journal der Erfindungen St. 15. 1798.
1798. Leveille, Sur le trou central de la rétine. Sédillot recueil périod. de la soc. de santé de Paris Vol. I. Ferner: Exposé des recherches etc. par Lev., Sédillot recueil. etc.; ferner: Exposé des resultats de plusieurs etc. par J. L. Moreau. Mém. de la soc. méd. d'émulat. Vol. I.
1798. E. Home, An account of the orifice in the retina of the human eye, discovered by S. T. Sömmerring; to which are added proofs of this appearance being extented to the eyes of other animals. Philos. transact. 1798 (Deutsch Reils Archiv Bd. IV.)
1800. J. M. Wantzel, Bemerkungen über die Home'sche Entdeckung, das Loch, die Falte und den gelben Fleck im Mittelpunkt der Netzhaut betreffend. Isenflamm u. Rosenmüller, Beiträge zur Zergliederungskunst I. Bd. 1800.
1802. J. C. Reil, Die Falte, der gelbe Fleck und die durchsichtige Stelle in der Netzhaut des Auges. Reils Archiv Bd. II.
1802. K. A. Rudolphi, Anatom. physiolog. Abhandl. (Ora serrat.)
1806. Graperon, Mémoire sur la sensibilité de la rétine. Mém. de la soc. méd. d'émulat. Bd. VI.
1807. S. Sawrey, An account of a newly discovered membrane in the human eye; to which are added some objections to the common operation for fistula lacrymalis, and the suggestion of a new mode of treating that disease. London 1807. 4⁰.
1816—17. R. A. Rudolphi, Ueber den gelben Fleck und das sogenannte Centralloch der Netzhaut. Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1816—17.
1818. J. Döllinger, Ueber das Strahlenblättchen im menschl. Auge. Nova acta acad. nat. cur. Vol. IX.
1819. A. Jacob, An account of a membrane in the eye new first described. Philos. transact. 1819. (Deutsch, Meckels Arch. Bd. VI.)

1822. L. Jacobson, Ueber eine wenig bekannte Augenflüssigkeit. Meckels Arch. Bd. VIII.
1825. Magendie, Sur l'insensibilité de la rétine de l'homme. Journ. de physiol. expérim. Vol. V.
1827. E. Schneider, Das Ende der Nervenhaut im menschlichen Auge. München 1827. 4⁰.
1827. M. J. Weber, Ueber das Strahlenblättchen im menschl. Auge. Bonn 1827. 8⁰. und in Walthers Journ. f. Chir.
1830. Fr. A. v. Ammon, De genesi et usu maculae luteae in retina oculi hum. obviae. Vimar. 1830. 4⁰.
1830. K. W. Stark, Ueber den gelben Fleck, das Centralloch und die Falte. Jenaer Literatur-Zeitung und Ammons Zeitschr. f. Ophth. Bd. I.
1832. C. Krause, (Bau und Dimensionen etc. Meckels Arch. 1832). (Vorderes Ende der Netzhaut.)
1833. C. G. Ehrenberg, in Poggendorffs Annal. 1833. (Ueber die Jacob'sche Haut.)
1833. Berres, Ueber das Foramen centrale des Menschen. Ammons Ztsch. f. Ophth. Bd. III.
1833. R. Wagner, Ueber das Ende der Netzhaut. Ebenda.
1835. G. R. Treviranus, Beiträge zur Aufklärung der Erscheinung, und Gesetze des organ. Lebens. Bremen 1835.
1835. C. M. Gottsche, Ueber die Nervenausbreitung der Retina, in Pfaffs Mitth. a. d. Geb. d. Med. 1836.
1836. B. Langenbeck, De retina observationes anat. et patholog. Gotting. 1836. 4⁰.
1837. G. R. Treviranus, Resultate neuer Untersuchungen über die Theorie des Sehens und über den inneren Bau der Netzhaut des Auges. Bremen 1837.
1837. A. Michaelis, Müllers Archiv 1837. Jahresbericht.
1840. A. Burow, Ueber den Bau der Macula lutea. Müllers Archiv 1840., ferner dessen Beiträge 1842.
1842. F. J. C. Mayer, Neue Untersuchungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie. Bonn 1842. (Gyri retinae.)
1842. M. Melloni, Nuove osservazioni sul colore della retina e del cristallino. Annali universali. Juni 1842.
1850. Hannover, Bidrag til Ojets Anatomie, Physiologie og Pathologie. Kjöbnhavn 1850. 8⁰. (Gegen Plica centralis.)
1851. Dittrich, Gerlach und Herz, Anatom. Beobachtungen und physiologische Versuche an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prager Vierteljahrsschrift 1851, Bd. III. (Keine Plica centralis.) [1])
1855. F. C. Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Archiv für Ophth. Bd. I. 2. (Papille.)
1856. Virchow, In seinem Archiv Bd. X, p. 190. (Papillenvarietät.)
1856. H. Müller, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina bei Menschen und Wirbelthieren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VIII. (Maassbestimmungen.)
1858. H. Müller, Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie. Arch. für Ophthalm. Bd. IV. 2. (Eintrittsstelle des Sehnerven.)
1860. v. Ammon, Zur genaueren Kenntniss des N. opticus, namentlich dessen intraoculäres Ende. Prager Vierteljahrsschrift 1860 I. Bd.
1860. Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Archiv f. pathol. Anatom. und Physiol. Bd. XIX. (Papille.)
1864. v. Recklinghausen, Virchows Archiv Bd. XXX, p. 375. (Papillenvarietät.)
1866. M. Schultze, Ueber den gelben Fleck der Retina. Bonn. 8⁰.
1868. Mauthner, Lehrbuch der Ophthalmoscopie 1868. 8⁰. (Hier auch Literatur der Varietäten der Papille.)

---

[1]) Ebenso Kölliker, Würzburger Verhandl. Bd. II.

1869. F. Merkel, Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Leipzig 1869. 4⁰.
1869. Iwanoff, Das Oedem der Netzhaut. Archiv für Ophthalm. Bd. XV. 2.
1871. E. Landolt, Die directe Entfernung zwischen Macula lutea und N. opticus. Centralblatt für med. Wiss. 1871. N. 45.
1872. M. Schultze, Artikel Retina in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Leipzig 1872.

d. Lens crystallina.

Zur Literatur über die Crystalllinse sind auch die Schriften über den *Humor Morgagni* zu rechnen. — Es mag hier noch bemerkt werden, dass die neuern Schriften über die Krümmung der Linsenoberflächen, ebenso wie die über die Krümmung der Cornea weiter unten in dem Capitel über Maassbestimmungen aufgeführt werden.

1674. A. Leeuwenhoek, Microscopical observations, concerning the crystalline humor of the eye of the cow. Philos. transact. 1674, 1684. — An extract of a letter containing his observations on the crystalline humor, optic nerves etc. 1693.
1706. J. B. Morgagni, Adversaria anatom. VI Patav. 1706 — 1719. Ven. 1762 Fol. — Epistol. anat. Ven. 1762. Fol.
1712. A. F. Walther resp. J. G. Stephani, Diss. de lente crystallina oculi humani. Lips. 1712. 4⁰. Recus. in Haller coll. Diss. anat. Vol. IV.
1730. F. P. du Petit, Mémoire sur le crystallin de l'oeil de l'homme, des animaux à quatre pieds, des oiseaux et des poissons. Mém. de Paris 1730.
1746. P. Camper, Diss. de quibusdam oculi partibus. Lugd. Bat. 1746. (Haller coll. Diss. anat. Vol. IV.)
1784. J. C. Reil resp. S. G. Sattig, Diss. de lentis crystallinae structura fibrosa. Halae 1784.
1793. Th. Young, Remarks ont the vision Philos. transact. 1793.
1794. J. Hunter, Some facts on the structure of the crystalline humour of the eye, published by E. Home. Phil. transact. 1794.
1802. E. Home, On the power of the eye to adjust itself to different distances, when deprived of the crystalline lens. Philos. transact. 1802.
1810. C. W. v. Gräfe, Ueber die Bestimmung der Morgagni'schen Feuchtigkeit, der Linsenkapsel und des Faltenkranzes, als ein Beitrag zur Physiologie des Auges. Reils Arch. IX. Abhandl. d. med. phys. Soc. zu Erlangen. 1. Bd. 1810.
1819. B. Fr. Baerens, Diss. sist. systematis lentis crystallinae monographiam philosophico-pathologicam Pars I. Tubing. 1819. 4⁰. (Rec. in Radius script. ophth. min.)
1821. V. Leiblein, Bemerkungen über das System der Krystalllinse bei Säugethieren und Vögeln. Inauguraldiss. Würzburg 1821. 8⁰.
1822. Jacobson, Ueber eine wenig bekannte Augenflüssigkeit und ihre Krankheiten. Aus den Act. soc. reg. Hafn. Vol. VI. in Meckels Arch. VIII.
1833. Brewster, Lond. and Edinb. philosoph. magazin. 1833., Philos. transact. 1833 u. 1836.
1835. W. Werneck, Mikroscopisch-anatomische Betrachtung über die Wasserhaut und das Linsensystem. Ammons Zeitschr. f. Ophth. Bd. IV. V.
1835. Corda in Weitenwebers Beiträgen zur Natur und Heilwissenschaft. Prag 1835.
1838. Meyer Ahrens, Bemerk. über die Structur der Linse, in Müllers Arch. 1838.
1842. M. Melloni, Nuove osservazioni sul colore della retina e del cristallino. Annali universali. Juni 1842.
1845. A. Hannover, Einige Beobachtungen über den Bau der Linse bei Säugethieren und dem Menschen. Müllers Arch. 1845.
1845. Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. Göttingen 1845. 8⁰.

1851. v. Hasner, Ueber das anatomische Verhältniss der Linsenkapsel zum Glaskörper. Deutsche Klinik N. 12. 1851.

1858. G. L. Mens Fiers Smeding, Inteekeningen betreffende onze kennis van het oog. Diss. inaug. Leiden 1858. (Hintere Linsenkapsel.)

1863. F. J. v. Becker, Untersuchungen über den Bau der Linse bei dem Menschen und den Wirbelthieren. Archiv für Ophthalmol. Bd. IX.

1871. Robinski, Untersuchungen über die Augenlinse, insbesondere zur Kritik der bisherigen Untersuchungsmethoden derselben. Archiv für Anat. und Physiolog. 1871.

1872. Robinski, Zur Anatomie, Physiologie und Pathologie der Augenlinse des Menschen und der Wirbelthiere. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1872.

1872. Milliot, De la régénération du cristallin chez quelques mammifères. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. p. Robin. 1872.

e. Humor vitreus und Zonula ciliaris.

Zur Literatur über den Glaskörper füge ich als eng damit verbunden die Schriften über die *Zonula ciliaris*. Zugleich sollen hier die Abhandlungen genannt werden, welche Ansichten über das Vorhandensein oder Fehlen einer hinteren Augenkammer aussprechen, soweit sie noch nicht bei der Literatur über die *Tunica media oculi* angeführt sind. Es gehören hierher auch die oben angeführten Arbeiten von Petit, die unter b. genannte Schrift von Cloquet (1818), ferner Pappenheim's Buch (1842) und Brücke's Monographie (1847).

1741. P. Demours, Observation anatomique sur la structure cellulaire du corps vitré. Mém. de Paris 1741.

1754—1768. B. S. Albin, Da vasis humoris vitrei et crystallini. Annot. academicae. Leidae 1754—1768.

1814. F. Martegiani, Novae observat. de oculo humano. Neap. 1814. 8⁰.

1818. J. Döllinger, Ueber das Strahlenblättchen im menschl. Auge in Nov. act. acad. nat. cur. Vol. IX.

1827. M. J. Weber, Ueber das Strahlenblättchen im menschl. Auge. Bonn 1827. 8⁰.

1833. S. Th. Sömmerring, Ueber die Area Martegiani. Salzburger med. chir. Zeitung. 1833.

1833. G. Valentin, Zur Anatomie des Fötusauges der Säugethiere. Ammons Zeitschrift für Ophthalm. Bd. III.

1843. E. Brücke, Ueber den inneren Bau des Glaskörpers. Müllers Archiv 1843. Ebenda 1845.

1843. W. Bowman, Observations on the structure of the vitreous humor. Dubl. quart. Journal. Bd. VI.

1845. A. Hannover, Entdeckungen des Baues des Glaskörpers. Müllers Archiv. 1845.

1850. Hannover, Bidrag til Ojets Anatomie, Physiologie og Pathologie. Kjöbnhavn 1850. 8⁰.

1851. v. Hasner, Ueber das anatomische Verhältniss der Linsenkapsel zum Glaskörper. Deutsche Klinik N. 12.

1852. Cobbold, Structure and developement of the canal of Petit. Monthly Journ. Febr.

1852. Hannover, Das Auge. Leipzig 1852.

1854. Doncan, Nederl. Lancet N. 11. 12.

1855. Finkbeiner, Vergl. Untersuchung der Structur des Glaskörpers bei den Wirbelthieren. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. VI.

1855. Meckel, Die pyämische Ophthalmie. Annalen des Charité-Krankenhauses Jahrgang V.

1860. Henke, Der Mechanismus der Accommodation für Nähe und Ferne. Arch. f. Ophth. Bd. II. 2.

1860. Coccius, Ueber das Gewebe u. die Entzündung des menschl. Glaskörpers. Leipzig. 8⁰.

1860. C. O. Weber, Ueber den Bau des Glaskörpers und die pathologischen, namentlich entzündlichen Veränderungen desselben. Archiv für pathol. Anat. und Physiol. Bd. XIX.

1868. J. Stilling, Zur Theorie des Glaucoms. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XIV. 3.

1869. C. A. Blix, Studier öfver Glaskroppen. Stockholm medicinsk. arch. N. 4.
1869. J. Whitaker Hulke, The histology of the eye. Monthly mikroscop. Journ. Nov.
1869. D. Smith, Structure of the adult human vitreous humor. The lancet. Mai.
1869. Iwanoff, Beitr. zur normalen und patholog. Anatomie des Auges. Archiv für Ophth. Bd. XV. 2. (Gegen Hyaloidea.)
1869. J. Stilling, Eine Studie über den Bau des Glaskörpers. Archiv für Ophth. Bd. XV. 3.
1870. G. Schwalbe, De canali Petiti et de zonula ciliari. Halis 1870. 8⁰.
1870. F. Merkel, Die Zonula ciliaris. Leipzig. 8⁰.
1870. G. V. Ciaccio, Beobachtungen über den inneren Bau des Glaskörpers im Auge des Menschen und der Wirbelthiere im Allgemeinen. Moleschotts Unters. Bd. X.
1870. G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Archiv für mikroscop. Anat. Bd. VI.
1871. A. Iwanoff, Glaskörper in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben.
1871. G. Retzius, Om mebrana limitans retinae interna. Nordiskt medicinskt arkif. Bd. III.

f. Maassangaben über den Bulbus.

Die Schriften, in welchen sich die Resultate von Messungen des Augapfels niedergelegt finden, sind im Folgenden wohl ziemlich vollständig angegeben. Die in den aufgeführten Abhandlungen befindlichen Zahlen beziehen sich sowohl auf den ganzen Bulbus als auch theilweise nur auf die Hornhaut oder die Linse. Anhangsweise sind noch die Quellen über Brechungsindicees der durchsichtigen Augenmedien beigefügt.

1723—30. Petit in Mém. de l'Academie des sciences de Paris 1723. — 1725 — 1726 — 1728 — 1730.
1738. Jurin, Essay upon distinct and indistinct vision. Smiths complete system of optics.
1739. Helsham, A course of Lectures on Natural Philosophy.
1740. Wintringham, Experimental Inquiry on some partes of the animal structure. London 1740.
1801. Th. Young, Philosoph. Transact.
1818. D. W. Sömmerring, De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali. Göttingen 1818.
1819. Brewster in Edinbourgh Philosophical Journal.
1828. G. R. Treviranus, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. Bremen 1828. (Tiedemanns Maassangaben darin enthalten.)
1832. C. Krause, Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges. Meckels Archiv. Bd. VI.
1836. C. Krause, Poggendorffs Annalen. T. XXXIX.
1839. Kohlrausch, Ueber die Messung des Radius der Vorderfläche der Hornhaut am lebenden menschlichen Auge. Isis 1840.
1844. Huschke, Eingeweidelehre.
1846. Senff in R. Wagners Handwörterbuch. Bd. III. 1. p. 271.
1847. Brücke, Beschreibung des menschlichen Augapfels.
1850. Engel, Prager Vierteljahrsschrift. Bd. I.
1853. Listing, Zur Dioptrik des Auges. Wagners Handwörterbuch. IV. Bd.
1855. Sappey, Gazette medicale 1855. No. 26. 27.
1855. R. Schneyder, Chem. Untersuchungen verschiedener Augen von Menschen und Thieren. Freiburg 1855.
1857. Arlt, Zur Anatomie des Auges. Archiv für Ophthalmologie. III. Bd. 2. Abth.
1857. Rüte, Lehrbuch der Ophthalmologie. 2. Aufl. Braunschweig. 8⁰.
1858. Nunneley, Quart. Journal of microscop. sciences. April 1858.
1859. Nunneley, On the organs of vision. London 1858.
1859. J. H. Knapp, Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. Heidelberg.

1860. J. H. Knapp, Ueber die Lage und Krümmung der Oberfläche der menschlichen Krystalllinse. Arch. für Ophthalmol. VI. 2.

1861. v. Jäger, Ueber die Einstellung des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien 1861. 8⁰.

1861. F. C. Donders, Astigmatismus und cylindrische Gläser. Berlin. 8⁰.

1864. Schelske, Ueber das Verhältniss des intraoculären Druckes und der Hornhautkrümmung des Auges. Arch. für Ophthalm. X. 2.

1856—66. Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik. Leipzig 1867. 8⁰.

1869. Volkmann, Zur Mechanik der Augenmuskeln. Bericht der sächs. Gesellsch. der Wissensch. Leipzig 1869. Febr.

g. Schriften über Brechungsindices.

1710. Hawksbee, Philosoph. Transact.

1785. A. Monro, On the structure and physiologie of fishes.

1801. Th. Young l. c.

1818. Chossat, Bulletin des sc. par la Société philomat. de Paris. Juni.

1819. Brewster, Edinbourg. Philos. Journ.

1855. W. Krause, Die Brechungsindices der durchsichtigen Medien des menschlichen Auges. Hannover 1855.

1856. Helmholtz, Physiolog. Optik.

1869. E. Cyon, Die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus. Sitzungsberichte der Wiener Acad. Bd. 59.

V. Augenmuskeln.

Es umfassen die folgenden Angaben die Schriften über die den Bulbus bewegenden Muskeln selbst, über die Varietäten derselben und über die Fascien, welche Muskeln und Augapfel einhüllen. Von anatomischen Handbüchern müssen hier die von CRUVEILHIER und HENLE hervorgehoben werden. Dieselben behandeln besonders eingehend den hierhergehörigen Fascienapparat.

W. Porterfield, Essay, concerning the motion of our eyes. Edinbourgh medical essays and observ. Vol. III. IV.

J. G. Zinn, De tunicis et musculis oculorum comment. Soc. reg. Gotting. Vol. III.

1762. J. B. Morgagni, Epistolae anat. Ven. 1762.

1770. A. Portal, Observ. sur les muscles des yeux. Mém. de l'acad. de Paris 1770.

1786. J. Hunter, Observations on certain parts of the animal oeconomy. London 1786, 4⁰. 1792. 4⁰. 1837. 8⁰.

1806. Tenon, Mém. d'anat. et physiol. Paris 1806.

1823. Ch. Bell, On the motions of the eye. Philosoph. Transact. 1823.

1838. A. Hueck, Die Achsendrehung des Auges. Dorpat 1838. 4⁰.

1840. L. Bennet, A practical treatise on the cure of Strabismus or Squint, by operation and by milder treatment, with some new views of the Anatomie and Physiology of the Muscles of the human Eye. London 1840. (Edinbourgh medical and surgical Journal.)

1841. Pravaz, Mém. sur l'action des muscles de l'oeil, Archives gén. de Méd. 1841.

1841. J. M. Ferral, Ueber die Anatomie und Pathologie einiger Theile der Orbita. Frorieps Notizen. Oct. 1841. (Dublin. Journ. 1841. Juli.)

1841. Bonnet, Sur l'anatomie des Aponévroses et des Muscles de l'oeil; Gaz. méd. de Paris 1841. N. 7.

1841. J. Dalrymple, Tunica vaginalis oculi. Lancet 1841.

1842. A. Bonnet, Des Muscles et des Aponévroses de l'oeil. Annales d'oculistique. Tom. VII. 1842.
1849. J. Struthers, On the anatomy and physiology of the oblique muscles of the eye in man and vertebrate animals. Monthly journal. Oct. 1849.
1849. Henle in seinem Jahresbericht.
1852. Béraud, Détails relatifs au canal lacrymo-nasal. Gaz. med. 1852. No. 10. Obliquus infer.)
1853. N. B. Moseley, On an additional muscle of the eye. Monthly Journ. Dec. 1853., ferner Boston med. Journ. 1853.
1858. H. Müller, Ueber einen glatten Muskel in der Augenhöhle des Menschen und der Säugethiere. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. IX. Würzburger Verhandlg. IX. Bd.
1859. Budge, Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. VII. (Tensor trochleae. Fascia Tenoni.)
1859. Linhart, Bemerkungen über die Capsula Tenoni. Würzburger Verhandlg. Bd. IX.
1863. E. Bischoff, Zeitschr. für rat. Medicin. Dritte Reihe. Bd. XX. (Gewichtsbestimmungen.)
1865. Harling, Ueber die Membrana orbitalis der Säugethiere und über glatte Muskeln in der Augenhöhle und den Augenlidern des Menschen. Zeitschr. für rationelle Medicin. Bd. XXIV.
1867. C. Sappey, Récherches sur quelques muscles a fibres lisses, qui sont annexés à l'appareil de la vision. Comptes rendus.
1868. Bochdalek, Beitrag zu den anomalen Muskeln der Augenhöhle. Prager Vierteljahrsschrift. Bd. IV.
1868. J. Strangeways, On a supernumerary oblique-muscle of the eyeball. Journ. of anat. and physiol.
1869. G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Archiv für mikr. Anat. Bd. VI. (Tenon'sche Kapsel.)
1869. A. W. Volkmann, Zur Mechanik der Augenmuskeln. Sitzungsberichte der sächs. Gesellsch. der Wissensch.

VI. Augenlider und Conjunctiva.

Die Trennung der Lider und des Thränenapparates geschieht hier ganz ebenso, wie oben bei der Beschreibung selbst.

1666. H. Meibom, De vasis palpebrarum novis epistola ad J. Langelottium. Helmstadt 1666. 4⁰. Lugd. Bat. 1723. 8⁰.
1706—19. J. B. Morgagni, Adversaria anatom. Patav. 1706—1719.
1754. B. S. Albin, De ciliis in Annotat. academ. Leidae 1754—1768.
1761. Duverney, Oeuvres anatomiques. Paris 1761. T. I.
1793. B. N. Schreger, Von den Saugadern der Conjunctiva des Auges. In seinen Beiträgen zur Cult. der Saugaderlehre. Bd. I. 1793.
1797. J. C. Rosenmüller, Partium externarum oculi humani, in primis organorum lachrymalium descriptio anatomica iconibus illustrata. Lips. 1797. 4⁰.
1823. Trasmondi, Intorno la scop. di due nerv. dell' occh. uman. Roma 1823. (Muskel.)
1824. Horner, Beschreibung eines mit dem Auge verbundenen Muskels. Philadelph. Journ. 1824. Meckels Archiv. Bd. VIII.
1827. E. H. Weber, Ueber die Meibom'schen Drüsen am Augenlide des Menschen. Meckels Archiv. Jahrgang 1827.
1828. B. Eble, Ueber den Bau und die Krankheiten der Bindehaut des Auges, mit besonderem Bezuge auf die contagiöse Augenentzündung. Wien 1828. 8⁰.

1829. J. Jacobson, Diss. de conjunctiva oculi humani disquisitio anatomico-physiologica, cui adnexa est historia morbi. Berol. 1829. 8°.
1830. v. Ammon, Ueber den Annulus conjunctivae. Rusts Magaz. f. ges. Heilkunde 30. Bd.
1835. Zeis, Anatom. Untersuch. der Meibom'schen Drüsen. Ammons Zeitschr. f. Ophth. Bd. V.
1835. A. Römer, Ueber den Bau der Conjunctiva. Ebendas.
1836. Valentin in seinem Repertorium Bd. I.
1838. C. T. Tourtual, Ueber die Function der Augenlider beim Sehen. Müllers Arch. 1838.
1839. G. Meyer, Diss. de conjunctiva oc. hum. inprimis palpebrarum. Berol. 1839. 8°.
1857. M. A. Richet, Traité pratique d'anatomie medico-chirurgicale. Paris 8°. (Lider.)
1857. J. A. Moll, Bijdragen tot de anatomie en physiologie der oogleden. Utrecht 8°. (Cilien.)
1858. H. Müller, Ueber einen glatten Muskel in der Augenhöhle des Menschen und der Säugethiere. Ztsch. f. wiss. Zool. Bd. IX. Würzburger Verhandlung IX. Bd.
1858. Henke, Die Oeffnung und Schliessung der Augenlider und des Thränensacks; Arch. f. Ophth. Bd. IV. Abth. 2.
1859. W. Manz, Ueber neue eigenthümliche Drüsen am Cornealrande und über den Bau des Limbus conjunctivaé. Zeitschr. für rat. Med. 3. Reihe. Bd. V.
1859. Stromeyer, Beiträge zur Lehre der granulösen Augenkrankheit. Deutsche Klinik N. 25.
1859. R. Maier, Ueber den Bau der Thränenorgane, insbesondere der thränenleitenden Wege. Freiburg. 8°.
1860. W. Krause, Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860. 8°.
1863. A. Kleinschmidt, Ueber die Drüsen der Conjunctiva. Arch. f. Ophthalmol. Bd. IX. 3.
1863. Arlt, Ueber den Ringmuskel der Augenlider. Archiv für Ophthalm. Bd. IX. 1. (enthält auch Topographie des Bulbus.)
1863. A. Weber, Klinische Monatsblätter von Zehender 1863. (Muskel.)
1864. Henke in Wecker: Traité des maladies des yeux T. I. (Lider und Thränenwege.)
1865. Harling, Ueber die Membrana orbitalis der Säugethiere und über platte Muskeln in der Augenhöhle und den Augenlidern des Menschen. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXIV
1865. Henle in seinem Handbuch 2. Bd. III. Abth. (Septum orbitale.)
1867. C. Sappey, Recherches sur quelques muscles a fibres lisses, qui sont annexés à l'appareil de la vision. Comptes rendus.
1867. L. Stieda, Ueber den Bau der Augenlidbindehaut des Menschen. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. III.
1867. P. Blumberg, Ueber die Augenlider einiger Hausthiere mit besonderer Berücksichtigung des Trachoms. Inaug.-Diss. Dorpat. 8°.
1868. J. Stilling, Ueber die Heilung der Verengerung der Thränenwege mittelst der inneren Incision. Cassel 1868. 8°. (Arcus tendineus d. Fascien.)
1868. Wolfring, Ein Beitrag zur Histologie des Trachoms. Arch. f. Ophthalm. Bd. XIV. 3.
1868. Lesshaft, Ueber den Muscul. orbicularis orbitae und seinen Einfluss auf den Mechanismus der Thränenabsonderung. Arch. f. Anat. u. Phys. (Sehr vollständige Literaturangaben.)
1871. Schmid, Lymphfollikel der Bindehaut des Auges. Wien. 8°.
1871. Stieda und Stricker, Conjunctiva und Sklera in des letzteren Handbuch.
1872. Wolfring, Untersuchungen über die Drüsen der Bindehaut des Auges. Medicin. Centralbl. N. 54.

VII. Thränenapparat.

Die Literatur des Thränenapparates lässt sich von der der Augenlider nicht scharf trennen; denn die Muskulatur besonders ist functionell so sehr beiden gemeinsam, dass man oft nicht weiss, unter welche Rubrik man eine Besprechung dieses Gegenstandes zu setzen hat, und es werden im Folgenden mehrere Aufsätze genannt, welche mit gleichem Recht unter No. VI hätten stehen können.

1662. N. Stenonis, Observationes anatomicae, quibus varia oris, oculorum et narium vasa describuntur, novique salivae, lacrymarum et muci fontes deteguntur. Lugd. Bat. 1662. 12⁰. 1680. 12⁰. Observationes anatomicae de glandulis oculorum novisque eorundem vasis. In Mangeti Bibl. anat. II.

1706—19. J. B. Morgagni, Adversar. anat. I. VI. Patav. 1706—19.

1714. J. D. Santorini, Observationes anatom. cap. 4. Ven. 1714. 4⁰.

1715. J. B. Bianchi, Ductus lacrymales novi, eorumque anatome, usus, morbi et curationes epist. ad. Jos. Lanzoni. Aug. Taurinor. 1715. 4⁰.

1732. Winslow, Exposit. anatom. de la structure du corps hum. Paris 1732.

1734. Petit, Mém. sur les voies lacrymales. Hist. de l'acad. roy. de sc. 1734.

1734. A. Vater, Diss. epist. de ductuum lacrymalium subpalpebralium vera constitutione ac viarum lacrymas ad nares derivantium dispositione in Miscell. Berol. Vol. IV. 1734.

1758. A. Monro, On the lachrymal glands and ducts. In seinen Anatomical and physiological observations. Edinb. 1758.

1766. J. Bertin, Mémoire sur le sac nasal ou lacrymal des plusieurs espèces d'animaux. Mém. de Paris 1766.

1766. Lieutaud, Essays anat. (Thränencanalsystem.)

1772. St. Ives, Nouveau traité des maladies des yeux. Paris 1772.

1797. J. C. Rosenmüller, Partium externarum oculi humani, in primis organorum lachrymalium descriptio anatomica iconibus illustrata. Lips. 1797. 4⁰.

1803. J. L. Angely, De oculo organisque lacrymalibus ratione aetatis, sexus, gentis et var. animalium. Erlang. 1803. 8⁰.

1810. C. H. J. Schreger, Versuch einer vergl. Anatomie des Auges und der Thränenorgane des Menschen nach Alter, Geschlecht, Nation u. s. w. Leipz. 1810. 8⁰.

1835. J. Osborne, Darstellung des Apparates zur Thränenableitung in anatom. physiol. und pathol. Hinsicht. Prag 1835.

1840. H. Reinhard, Diss. de viarum lacrymalium in hom. ceterisque animal. anat. et physiol. collectanea. Lips. 1840.

1842. Wharton Jones, Art. lacrymal. organs. Cyclop. of anat. and physiol. v. Todd.

1843. Gosselin, Ueber die Ausführungsgänge der Thränendrüse. Arch. gén. d. Méd. Paris. 1843.

1843. Martini, Von dem Einflusse der Secretionsflüssigkeit auf den menschlichen Körper. 1843.

1845. Rodrigues, Ueber einen Schleimbeutel an der vorderen Wand des Thränensackes. Ann. d'oculist. Juli 1845.

1846. Frerichs Art. Thränensecretion in R. Wagners Handwörterbuch III. Bd. I. Abth.

1848. v. Hasner, Ueber die Bedeutung der Klappe des Thränenschlauches. Prager Vierteljahrsschr. 1848. Bd. II.

1849. —— Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Thränenableitungsapparates. Prag. Vierteljahrsschr. 1849.

1849. Deval, Gaz. de Paris. 4. 1849. (Thränensack.)

1850. v. Hasner, Beitrag zur Physiologie und Pathologie des Thränenableitungsapparates. Prag 1850. 8⁰.

1851. Béraud, Description d'une valvule inconnue jusqu'ici et qui existe dans les voies lacrymales chez l'homme. Gaz. méd. N. 26.
1852. —— Détails relatifs au canal lacrymo-nasal. Gaz. méd. N. 10.
1853. Sappey, Recherches sur les glandes des paupières. Gaz. méd. 33. 34.
1853. A. J. Tobien, De glandularum ductibus efferentibus. Diss. inaug. Dorpat 1853. 8⁰.
1855. Arlt, Ueber den Thränenschlauch. Arch. f. Ophthalm. Bd. I. 2.
1856. Arlt, Die Krankheiten des Auges. Prag 1856.
1856. Schmidt, Ueber die Absorption der Thränenflüssigkeiten durch Dilatation des Thränensackes. Marburg 1856.
1857. J. A. Moll, Bijdragen tot de anatomie en physiologie der oogleeden. Utrecht.
1937. M. A. Richet, Traité pratique l. c.
1858. Stellwag von Carion, Ophthalmologie.
1858. Henke, Die Oeffnung und Schliessung der Augenlider und des Thränensackes. Archiv f. Ophthalm. Bd. IV. Abth. II.
1859. Béraud, Note sur les glandes lacrymals. Gaz. méd. N. 53.
1859. R. Maier, Ueber den Bau der Thränenorgane insbesondere der thränenleitenden Wege. Freiburg. 8. (Sehr gute Literaturzusammenstellungen, besonders auch in Bezug auf die in Handbüchern enthaltenen Angaben.)
1860. P. Tillaux, Note sur la structure de la glande lacrymale chez l'homme et chez quelques vértébrés. Gaz. méd. N. 16.
1860. Foltz, Anatomie et physiologie des conduits lacrymaux. Ann. d'oculistique Mai u. Juni
1861. Stellwag von Carion, Theoretische und praktische Bemerkungen zur Lehre vom Mechanismus der Thränenableitung. Oesterr. med. Jahrb.
1861. Henke, Beleuchtung der neuesten Fortschritte in der Lehre vom Mechanismus der Thränenableitung. Archiv f. Ophth. Bd. VIII. 1.
1863. Foltz, Recherches d'anatomie et de physiologie expérimentale sur les voies lacrymales. Journal de la physiologie.
1864. Henke, Lider und Thränenwege in Wecker: Traité des maladies des yeux. T. I.
1866. Bochdalek, Beitrag zur Anatomie der Thränenorgane. Prager Vierteljahrsschrift 1866. Bd. II. (Varietäten.)
1868. J. Stilling, Ueber die Heilung der Verengerungen der Thränenwege mittelst der inneren Incision. Cassel 1868. 8⁰.
1868. Arlt, Die Behandlung der Thränenschlauchkrankheiten. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XIV, 3.
1868. Lesshaft, Ueber den Musculus orbitalis orbitae und seinen Einfluss auf den Mechanismus der Thränenabsonderung. Arch. für Anatom. u. Physiol. von Dubois-Reymond.
1872. Vlacovich, Osservazione anatomiche sulle vie lagrimali. Padova.
1872. N. Manfredi, Ricerche istologiche sui condotti secretori delle lagrime. Giorn. della r. acad. di med. di Torino.
1873. Hyrtl, Die Corrosions-Anatomie. Wien 1873.

VIII. Gefässe.

Die Literatur der Blutgefässe des Auges beschränkt sich fast ganz auf das in den Handbüchern Gesagte. Besonders mag noch auf die obenerwähnten Abbildungen von S. Th. Sömmerring aufmerksam gemacht werden. Nur über die Venen der Orbita sind zwei wichtige Originalarbeiten namhaft zu machen.

1778. J. G. Walter ad G. Hunterum, De venis oculi. Berol. 1778. 4⁰.
1869. E. Sesemann, Die Orbitalvenen des Menschen und ihr Zusammenhang mit den oberflächlichen Venen des Kopfes. Arch. für Anat. und Physiologie.

In diesen beiden Abhandlungen ist auch der spärlichen Literatur gedacht.

Was von Varietäten der Blutgefässe wichtig und bemerkenswerth ist, findet sich in den Handbüchern von WEBER-HILDEBRANDT, CRUVEILHIER. Dritte Auflage. Bd. II. III, von HENLE, Gefässlehre III. Bd. 1. Abth., wo W. KRAUSE eine vollständige Zusammenstellung der Varietäten giebt. Ich nenne hier nur noch diejenigen Varietäten, welche nach dem Erscheinen des letzteren Buches beschrieben wurden.

1866. Barkow, Die Blutgefässe, vorzüglich die Schlagader des Menschen in ihren minder bekannten Bahnen und Verzweigungen. Rumpf, Kopf. Breslau 1866. Fol.

1869. J. Bankart, P. H. Pye Smith and J. F. Philips, Notes of abnormalities observed in the dissecting room during the winter saisons of 1866/7 and 1867/8. Guy's hospital reports 3te ser. Vol. XIV.

IX. Nerven.

Für die Nerven gilt fast dasselbe, wie für die Gefässe. Auch hier sind es die Handbücher, welche vorwiegend das literarische Material liefern; besonders muss aufmerksam gemacht werden auf die Handbücher von CRUVEILHIER, VALENTIN und HENLE. VALENTIN's Buch (SÖMMERRING's Nervenlehre Leipzig 1841) enthält neben eigenen Beobachtungen eine sehr eingehende Compilation fremder Untersuchungen und ist wegen der detaillirten Literaturangaben sehr schätzenswerth. HENLE's Beschreibung ist soeben erst erschienen, bringt also das Neueste und auch, wie es nach den früheren Bänden des Handbuches nicht anders erwartet werden durfte, auch das Vollständigste.

Die Augennerven sind meistens bei der speciellen Betrachtung des fünften Gehirnnervenpaares nebenbei mit abgehandelt, desshalb müssen auch diese Schriften möglichst vollständig aufgezählt werden.

1521. Achillini, Anatom. Venet. 1521. (Erste Erwähnung des N. trochlearis.)

1664. Th. Willis, Cerebri anatome, cui accessit nervorum descriptio et usus. Lond. 1664. 4⁰. Amstel. 1664. 12⁰. 1667 etc. etc.

1714. J. D. Santorini, Observat. anatomicae. Ven. 1714.

1727. F. Petit, Mém. de l'acad. des sciences de Paris 1727.

1732. J. Winslow, Exposition anatomique de la structure du corps humain. Paris 1732.

1740. J. B. Morgagni, Epistolae anatomicae XVI. Venet. 1740.

1743. A. Haller, Iconum anatomicarum fasciculus primus, quibus praecipue partes corporis humani exquisita cura delineatae continentur. Gotting. 1743. Fol.

1745. Günz, Hippocratis de humoribus purgandis liber. Lips. 1745.

1748. J. Fr. Meckel, Diss. de quinto pare nervorum cerebri. Gotting. 1748. (Ludwig, script. neur. Vol. I.)

1748. Schobinger, Diss. de telae cellulosae dignitate. Gotting. 1748.

1758. A. Matthieu, Tentamen physiologico-anatomicum de nervis in genere, accedente primi, secundi, tertii et quarti nervorum paris descriptione. Lugd. Bat. 1758. 4⁰.

1776. H. A. Wrisberg, Observationes anatomicae de quinto pare nervorum encephali, et de nervis, qui ex eodem duram matrem ingredi falso dicuntur. Gotting. 1776. 4⁰. (Novi comm. Gotting. Tom. 7. 1776. Ludwig, Script. neurol. min. Vol. I.)

1779. Blumenbach, De sinibus frontalibus. Gotting. 1779.

1780. Wrisberg, Not. 125 ad Haller prim. lin. physiol. Gotting. 1780.

1785. A. Scarpa, Anatomicarum annotationum lib. II. Tic. 1785. 4⁰.

1791. C. F. Ludwig, Scriptores neurologici minores selecti etc. Lips. 1791 — 1795. 4⁰.

1791. N. U. Stieck, Diss. de quinque prioribus encephali nervis. Gotting. 1791. 8⁰.

1791. Malacarne, Nuova encefalotomia. Pavia 1791.

1793. A. Murray, Sciagraphica nervorum capitis descriptio, et quidem paris 1. 2. 3. 4. 5. Upsal. 1793. 4⁰. resp. J. Ackermann.

1799. J. C. Frank, Diss. sist. delineationem anatomicam et physiologico-path. consensus nervi trigemini. Jenae 1799. 8°.

1805. Munniks, Observat. variae, quas pro gradu doctoris etc. proposuit. Groning. 1805.

1812. G. H. Niemeyer, De origine paris quinti nervorum cerebri monographia. Halae 1812. 8°. Deutsch in Reils Arch. XI.

1815. Ferd. Muck, De ganglio ophthalmico et nervis ciliaribus animalium. Landshut 1815.

1816. Otto, Seltene Beobachtungen zur Anatomie, Physiologie und Pathologie gehörig. Heft I. Breslau 1816. 4°.

1817. Chaussier und Ribes, Meckels Archiv IV. Varietät der Ciliarnerven.

1817. A. C. Bock, Beschreibung des fünften Nervenpaares und seiner Verbindungen mit anderen Nerven, vorzüglich mit dem Gangliensysteme. Meissen 1817. Fol. — Nachtrag zur Beschreibung etc. Meissen 1821. Fol.

1823. G. Trasmondi, Intorno la scoperta di due nervi dell' occhio etc. Estratto del giornale arcadico Vol. XIX. Roma 1823. 8°. — Riposta del Dr. Gius. Trasmondi al Sign. G. Flajani interno la scoperta del musculo d'Horner e de'nuovi due nervi dell' occhio umano. Roma 1823. 8°.

1824. Hirzel in Tiedemanns und Treviranus Zeitschrift für Physiologie.

1826. Arnold, De parte cephalica n. sympath. Heidelb. 1826. Derselbe: Der Kopftheil des vegetativen Nervensystemes. Heidelberg u. Leipzig 1831.

1834. F. Schlemm, Observationes neurologicae. Berolini 1834. 4°.

1836. Giraldès, Études anatomiques sur l'oeil. Thèse inaugur. Paris 1836.

1836. A. Retzius, Ueber den Ursprung des fünften und siebenten Nervenpaares. Müllers Arch. 1836.

1839. Pappenheim in Ammons Monatsschrift für Chirurgie und Augenheilkunde. 1839.

1839. Fäsebeck, Müllers Archiv. 1839.

1839. J. Hyrtl, Berichtigungen über das Ciliarsystem des menschlichen Auges. Med. Jahrbücher d. Oesterr. Staates. 1839.

1840. Valentin, Ueber eine Varietät des Ursprunges der langen Wurzel des Augenknoten. Müllers Archiv 1840.

1840. G. F. Fäsebeck, Die Nerven des menschlichen Kopfes nach eigenen Untersuchungen beschrieben. Braunschweig 1840. 4°.

1840. Retzius, Schmidts Jahrb. Bd. XXVII. 1840.

1842. Longet, Anat. et physiologie des systemes nerveux. Paris 1842.

1842. Fäsebeck, Müllers Archiv. 1842.

1842. Bidder und Volkmann, Die Selbständigkeit des sympathischen Nervensystemes durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen. Leipzig 1842.

1842. H. Geyer, De nervis sinuum frontalium in homine et bobus inter se comparatis Dissert. Lips. 1842.

1842. Generali, Omodeis Annal. 1842. (Fehlen des Abducens.)

1842. Stilling, Ueber die Textur der Medulla oblongata. Erlangen 1842.

1844. Foville, Traité complet de l'anatomie, de la physiol. et de la pathol. du système nerveux cérébro-spinal. I. Partie. Anatomie. Paris 1844.

1844. Vergez, Note sur les origines de quelques nervs intracraniens. Journal de Montpellier. Febr. 1844.

1845. E. Svitzer, Bericht von einigen nicht häufig vorkommenden und einigen noch nicht beobachteten Variationen der Augennerven und ihrer Verbindung mit einander. Kopenhagen 1845.

1845. Rosenthal, De numero atque mensura microscopica fibrillarum elementarium systematis cerebro-spinalis symbolae. Vratislav. 1845.

1846. Stilling, Ueber den Bau des Hirnknotens oder der Varolischen Brücke. Jena 1846.

1847. Bidder, Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Leipzig 1847.

1847. B. Beck, Ueber die Verbindungen der Sehnerven mit dem Augen- und Nasenknoten, sowie über den feineren Bau dieser Ganglien. Heidelberg. 8⁰.
1848. Hallett, Ref. aus d. Med. times in Gaz. méd. 1848.
1849. Nuhn, Untersuchungen u. Beobachtungen aus dem Gebiete d. Anatomie etc. Heft I. 1849.
1849. W. Brinton, Sixth pair of nerves. Todd's cyclopaedia. Vol. IV.
1849. Bochdalek, Beiträge etc. Prager Vierteljahrsschrift. (Ciliarnerven.)
1850. Luschka, Zeitschr. für rat. Med. Bd. X.
1850. —— Die Nerven der harten Hirnhaut. Tübingen 1850.
1850. Bochdalek, Prager Vierteljahrsschrift 1850. Bd. III. (Gngln. semilunare.)
1852. J. Struthers, On the nerves of the orbit. Monthly Journal. April.
1853. Vulpian et Philipeau, Sur l'origine profonde des nerfs de la 6me et de la 7me paire. Gaz. méd. 45 (unbrauchbar!)
1855. Budge, Bewegung der Iris. Braunschweig. 8⁰.
1855. Lenhossek, Neue Untersuchungen über den Bau des centralen Nervensystems. Denkschrift der Wiener Academie. 1855.
1855. Jacubowitsch und Owsjannikow, Med. Ztg. Russlands. N. 48. (Ursprung des III. u. V. Paares.)
1856. Luschka, Rami spheno-ethmoidales. Müllers Archiv. 1856.
1858. Schröder v. d. Kolk, Over het fijnere Zamenstel en de werking van het verlengde ruggemerg. Amsterdam. 4⁰. (Deutsch von Theile. Braunschweig 1859. 8⁰.)
1858. Béraud, Existence d'un filet se rendant à la Glande lacrymale. Gaz. méd. No. 36.
1858. E. Curie, Sur un filet moteur affecté à la glande lacrymale. Moniteur des hôpitaux. Juli.
1858. J. L. Clarke, Researches of the intimate structure of the brain. Phil. Transact. 1858.
1861. Reissner, Neurolog. Studien. Archiv für Anat. und Physiol.
1864. W. Jäger, Varietäten der Oculomotoriusgruppe etc. Dissert. Giessen 1864.
1864. Dean, The gray substance of the medulla oblongata and trapezium. Washington 1864.
1865. O. Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark etc. Braunschweig. 8.
1865. Luys, Recherches sur le système nerveux cerebro-spinal. Paris 1865.
1865. E. P. E. Bischoff, Mikroscopische Analyse der Anastomose der Kopfnerven. München. 4⁰.
1868. W. Krause und J. Telgmann, Die Nervenvarietäten beim Menschen. Leipzig 1868.
1868. Sappey, Journal de l'anat. 1868. (Nerven der Opticusscheide.)
1868. Clarke, Researches of the intimate structure of the brain. Phil. Transact. 1868.
1869. J. Bankart, P. H. Pye Smith and J. J. Philips, Notes of abnormalities observed in the dissecting room etc. Guy's hospital reports 3. ser. Vol. XIV.
1870. Meynert, Vom Gehirn der Säugethiere. Strickers Handbuch. Leipzig 1870.
1870. E. Adamük, Bijdrage tot de physiologie van den N. oculo-motorius. Neerlandsch archief voor Genees-en natuurkunde.
1871. L. Stieda, Ueber den Ursprung der spinalartigen Hirnnerven. Dorpater Med. Ztschr. II. Bd. (Separatabdruck.)
1871. Turner, Some additional variations in the distribution of the nerves of the human body. Journ. of anatomy. 2. Ser. No. IX.

Capitel II.

Mikroscopische Anatomie

der

Cornea, Sklera, Lider und Conjunctiva

von

W. Waldeyer.

Die den Gegenstand der nachfolgenden Darstellung bildenden Theile des Sehorganes haben das Gemeinsame, dass sie als die wesentlichsten Schutz- und Hüllapparate des Bulbus bezeichnet werden können. Nur die Cornea macht hiervon insofern eine Ausnahme, als sie gleichzeitig den lichtdurchlassenden und lichtbrechenden Medien zugezählt werden muss, was sich auch in einer Reihe bemerkenswerther Eigenthümlichkeiten ihrer Textur ausspricht. Histologisch und histogenetisch bilden die hier zu betrachtenden Theile kein einheitliches Ganze, wenngleich ihre Grundlage zur Bindesubstanz gehört. Zahlreiche epitheliale und muskulöse Bildungen sind namentlich den Lidern ein- und angelagert, während Sklera und Cornea einfacher gebaut sind.

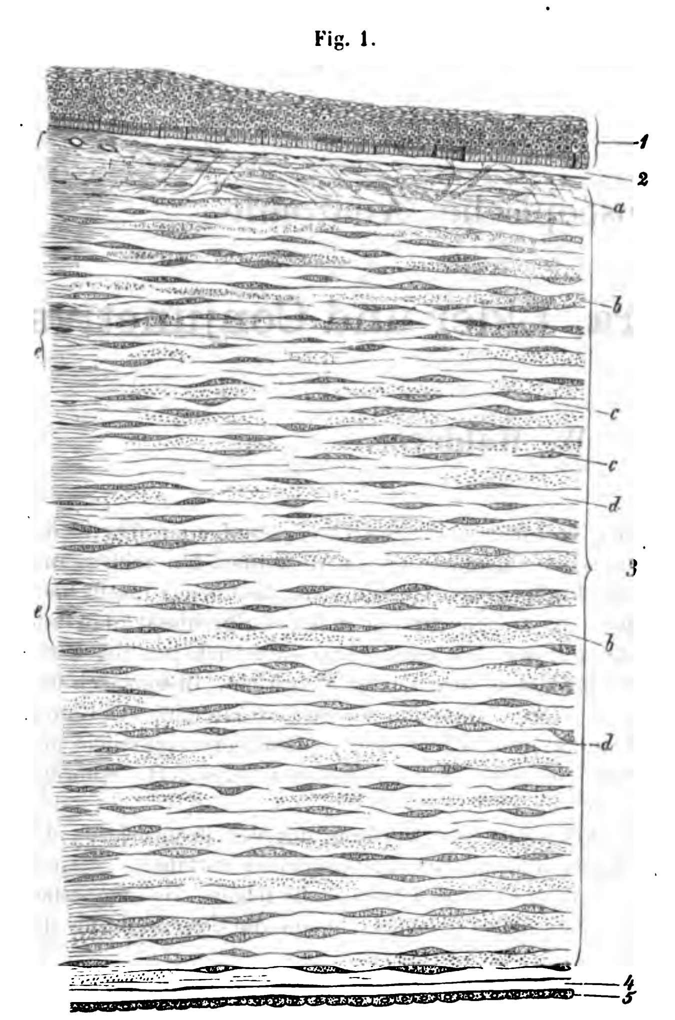
Wir beginnen aus Zweckmässigkeitsrücksichten mit der Besprechung der Hornhaut, an die wir die Sklera und das Grenzgebiet beider anreihen. Augenlider, Conjunctiva und Brauen lassen wir an letzter Stelle folgen, da namentlich die Darstellung der Conjunctiva erleichtert wird, wenn die Beschreibung der Sklero-Cornea voraufgegangen ist.

Cornea.

§ 1. An der Cornea hat man seit dem Nachweise der vorderen homogenen Hornhautlamelle durch Reichert und Bowman gewöhnlich fünf Schichten unterschieden, welche von vorn nach hinten gezählt (s. Fig. 1 folgende Seite) folgende Lagen bilden: 1) das Cornealepithel, 2) Die vordere Basalmembran (vordere homogene Lamelle), 3) Das eigentliche Hornhautgewebe (Membrana s. Substantia propria corneae), 4) Die hintere Basalmembran (Descemet'sche, oder Demours'sche Haut), 5) Das Cornealendothel (Epithel der Descemet'schen Haut; Endothel der vorderen Augenkammer).

An Goldchlorid- und Carminpräparaten macht sich bei manchen Vertebraten, namentlich beim Schwein und bei der Taube, noch eine andere Differenzirung der Hornhaut bemerkbar, und zwar in drei Schichten, welche sich durch verschiedene Färbung und verschiedenes Gefüge von einander sondern. Die vorderste Schicht umfasst das Epithel und die vordersten Lagen der *Substantia propria* sammt der vorderen Basalmembran; die hinterste Schicht entspricht der *Membrana Descemetii* mit den nächst angrenzenden Lagen der *Substantia propria*. Mit Rücksicht auf die Erfahrungen von Manz, welche zur Zeit nur durch eine kurze Mittheilung in der Schrift von Langerhans: Untersuchungen über Petromyron Planeri, Freiburg 1873, bekannt geworden sind, so wie auf Untersuchungen von Dr. Lorent, im Strassburger anatomischen Institute angestellt, möchte ich in dieser Dreischichtung der reifen Hornhaut die drei Abtheilungen wieder finden, aus denen sie sich entwickelungsgeschichtlich zusammensetzt, und die man für die höheren Wirbelthiere als einen »cutanen«, »skleralen« und »chorioidalen« Antheil bezeichnen kann. Manz fand, dass bei Säugethier- und Menschenembryonen die *Membrana Descemetii* in vollkommener Continuität mit der Chorioidalanlage steht, dass zumeist nach vorn ein anderer Theil der Horn-

Fig. 1.



Situationspräparat der menschlichen Cornea; senkrechter Durchschnitt (Hartnack IV, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben). 1) Epithel. 2) vordere homogene Lamelle (Reichert'sche Membran). 3) Substantia propria Corneae. 4) hintere homogene Lamelle (Descemet'sche Membran). 5) Endothelium der vorderen Kammer. *a*) vorderste Lage der Subst. propria mit aufsteigenden Fasern und dichter gedrängten kleineren Saftlücken. *b*) querdurchschnittene Fasern als Puncte erscheinend. *c*) Saftlücken mit körnig erscheinender Inhaltsmasse. *d*) längsdurchschnittene Fibrillenbündel, hier homogen erscheinend. *e. e*) Grenzgebiet gegen die Sklera; das Epithel oben etwas dicker, die Fasern der Substantia propria dichter. *f*) querdurchschnittene kleine Blutgefässe.

hautanlage in Verbindung mit der Haut sich befindet und dazwischen eine Gewebsschicht in loser Verbindung mit der anfangs nur schwach angedeuteten Sklera vorhanden ist. LORENT konnte diese dreispaltige embryonale Anlage der Cornea für Säugethier- und auch für Vogelembryonen bestätigen. Bemerkenswerth ist die Angabe von LANGERHANS, l. c., dass bei *Petromyzon Planeri*, wo eine Sklera kaum in Rudimenten nachgewiesen werden kann, ein skleraler Antheil der Cornea fehlt, und die letztere ausschliesslich aus dem sehr mächtigen cutanen und dem chorioidalen Abschnitte sich zusammensetzt. Für Weiteres muss ich auf die Besprechung der Grenzgebiete der Cornea und besonders auf das Capitel: »Entwickelungsgeschichte« verweisen. — Der Durchmesser der Hornhaut im Ganzen beträgt nach C. KRAUSE im Centrum 0,9 Mm.; an der Peripherie 1,12 Mm. — Die Beschreibung beginnt am zweckmässigsten mit der Hauptmasse der Cornea, der *Substantia propria*.

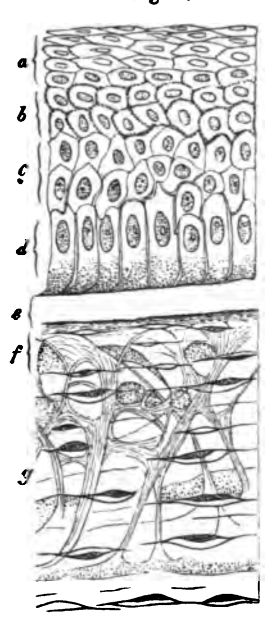
§ 2. *Substantia propria corneae.* Wir müssen bei der Hornhautsubstanz eine fibrilläre und interfibrilläre Grundsubstanz (Kittsubstanz) von den eingelagerten zelligen Elementen und einem eigenthümlichen die Hornhaut durchziehenden Lacunensystem, den v. Recklinghausen'schen Saftlücken und Saftcanälchen, unterscheiden. Hierzu kommen noch die Gefässe und Nerven, welche beide ganz besondere Verhältnisse darbieten.

Es gelingt leicht durch verschiedene Reagentien die Hornhautsubstanz in feinste Fibrillen zu zerlegen, die sich von den Fibrillen anderer bindegewebiger Membranen wol durch nichts, als durch ihre ausserordentliche Feinheit unterscheiden. Neben den von ROLLETT (204) (übermangansaures Kali, Barytwasser) und von SCHWEIGGER-SEIDEL (222) (10 pc. Kochsalzlösung) angegebenen Verfahren kann man sich auch, um die Fibrillen gut sichtbar zu machen, mit Vortheil einer ¼—½ pc. Lösung von Palladiumchlorür bedienen. Ein 12—24stündiger Aufenthalt in dieser Flüssigkeit genügt, um beim Zerzupfen auf die leichteste Weise die feinsten Fibrillen mit grosser Deutlichkeit hervortreten zu lassen. Dieselben verlaufen an den zerzupften Stücken leicht wellig geschlängelt, wie das vom gewöhnlichen fibrillären Bindegewebe bekannt ist; nur erscheinen die Wellenbiegungen kürzer. Bei natürlicher Lage unter möglichst normalen Spannungsverhältnissen der Hornhaut verlaufen die Fibrillen jedoch ganz gerade, selbstverständlich der Flächenkrümmung der Cornea entsprechend. Dabei stellt sich der von mehreren Autoren, neuerdings namentlich von ROLLETT (206), betonte Umstand heraus, dass die Fibrillen in verschiedenen unmittelbar aufeinander folgenden Ebenen einander rechtwinklig kreuzen, was man besonders deutlich auch an den Palladiumpräparaten sieht.

Die Fibrillen sind zu kleinen Bündeln zusammengefasst, welche fast sämmtlich ein nahezu gleiches Kaliber besitzen. Etwas weniger gleichmässig ist die Dicke der Bündel in den vordersten Cornealschichten, namentlich bei der Hornhaut des Menschen und der der grösseren Säugethiere. Besondere Vorrichtungen, die Fibrillen in ihren Bündeln zusammenzuhalten, wie z. B. Scheiden oder umspinnende Fasern, fehlen; die Abgrenzung der Bündel gegeneinander geschieht nur durch etwas grössere Mengen der interstitiellen Grundsubstanz, welche wir hier als »interfasciculäre« Kittsubstanz gegenüber der »interfibrillären«, welche innerhalb der Bündel zwischen den einzelnen Fibrillen befindlich

ist, bezeichnen wollen. Die Fibrillenbündel selbst hängen wieder grösstentheils in schichtweise aufeinander folgenden horizontalen Ebenen (die Hornhaut auf dem Tische mit ihrer Fläche liegend gedacht) fester zusammen, als in der darauf senkrechten Richtung. Auf diese Weise resultirt in der Richtung von vorn nach hinten eine Art lamellösen Baues der Cornea, welcher besonders in ihren hinteren, der Descemet'schen Membran näheren Schichten deutlich hervortritt.

Fig. 2.



Meridionaler Durchschnitt durch die Cornea des Kalbes (Präparat von Dr. A. v. Brunn) (Hartnack, VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben). *a*) Platte Epithelzellen. *b*) Riffzellen. *c*) polymorphe Epithelzellen. *d*) Cylinderzellen (Fusszellen, Rollett). *e*) Reichert'sche Lamelle. *f*) vorderste Schicht der Subst. propria mit feinen kurzen Fasern und kleineren Saftlücken. *g*) tiefere Schichte mit den sogenannten aufsteigenden oder Stützfasern.

Henle (84) hat entschieden recht, wenn er, gegenüber vielfachen abweichenden Angaben, der Hornhaut einen lamellösen Bau zuschreibt. Nur muss man damit nicht meinen, dass diese Lamellen im strengen Wortsinne wie die Blätter eines Buches aufeinander geschichtet seien, ohne jegliche Verbindung zweier aufeinander folgender Lamellen in der Tiefendimension, oder, genauer ausgedrückt, der einzelnen Bündel zweier verschiedener Lamellen. Ueberall nämlich, besonders in den vorderen Hornhautschichten, gehen einzelne Fibrillenbündel von den vorderen zu den hinteren Schichten über, resp. umgekehrt, und durchsetzen selbst in schräger Richtung mehrere Lamellen (*fibrae arcuatae* d. Autoren). (Fig. 1 und 2.) Sehr leicht ist das bei der Hornhaut des Menschen oder bei grösseren Thieren zu erkennen. Bemerkenswerth ist in Bezug auf das vorbin erwähnte embryonale Verhalten, dass bei den Hornhäuten fast aller gewöhnlich zu den Untersuchungen verwendeten Thier-Species die hinteren Schichten mit der Descemet'schen Membran sich sehr leicht von den vorderen trennen lassen. Mit einer gewöhnlichen Staarnadel lässt sich das z. B. bei der Froschhornhaut unschwer ausführen, und man erhält hier auch immer ziemlich ebene Trennungsflächen. In den vordersten Cornealschichten gelingt es nicht, einzelne Lamellen oder Lamellengruppen in grösserer Ausdehnung loszublättern, wenn man dabei auf glatte Trennungsflächen Anspruch macht. Immer sieht man aufgefaserte und losgerissene Bündel, so dass man hier nur mit einiger Reserve von einem lamellösen Baue der Cornea sprechen kann.

Mit Berücksichtigung dieser Disposition der Fibrillen zu gleichdicken einander rechtwinklig überkreuzenden Bündeln, dieser wieder zu Lamellen, wobei schräg und bogenförmig verlaufende, einen grösseren oder geringeren Theil der Hornhautdicke durchmessende Bündel die streng lamellöse Anordnung wieder stören, wird nun das Querschnittsbild der *Substantia propria corneae* (Fig. 1 und 2) unschwer zu deuten sein. Wir haben bei 1 (Fig. 1) das Epithel darunter, 2, die vordere homogene Lamelle; 3 stellt den Querdurchschnitt der gesammten *Substantia propria* dar; darin bildet *a* die vorderste Lage mit den *Fibrae arcuatae*: *b* sind die querdurchschnittenen Fasern, welche hier als Puncte erscheinen; sie wechseln mit den Lamellen, in denen die Fasern der Länge nach getroffen sind (*d*), ziemlich regelmässig ab. 4 und 5 zeigen die Descemet'sche Membran mit ihrem Endothel; *c* sind die Saftlücken mit ihrem Inhalt, von denen weiter unten ausführlich die Rede sein wird.

Der Bau der *Substantia propria corneae*, namentlich mit Bezug auf die Fibrillen und Lamellen, ist bis heutigen Tages noch Gegenstand lebhafter Controverse gewesen. Angaben über ein fasriges Gefüge der Hornhaut reichen bis auf Leeuwenhoek (144) zurück. Später haben Valentin (240), Henle in seiner allgemeinen Anatomie (83), Brücke (25), Pappenheim (183), Bowman (235) (Lehrbuch), Gerlach (65), Kölliker (117. 118), Classen (31), Rollett (204, 206) und Schweigger-Seidel (222) die Fibrillen der Cornea anerkannt, und muss hier namentlich auf die Arbeiten von Rollett und Schweigger-Seidel hingewiesen werden, welche die im Text erwähnten guten Isolirungsmittel uns kennen lehrten. In seiner ersten Abhandlung (204) spricht Rollett noch von platten Fasern; in seiner neuesten Mittheilung (206) nur von feinsten Fibrillen. Engelmann (56) hat Messungen derselben angestellt; ich gestehe, dass ich bei der Feinheit derselben jegliche exacte Zahlenangabe für unmöglich halte.

Für eine mehr structurlose Grundsubstanz der Hornhaut traten ein: Leydig (146), Stricker (232) und His (94), welcher Letztere dieselbe jedoch spaltbar sein lässt. Henle (85, 86) und dessen Schüler Dursy (49) haben später die Corneasubstanz als rein lamellös betrachtet; die Lamellen selbst seien structurlos. In seiner Eingeweidelehre (84) erkennt Henle die fibrilläre Textur wieder an, hält aber an den Lamellen fest, worin ich ihm mit der im Text hervorgehobenen Einschränkung beistimmen kann. Unter den neuesten Autoren, welche die Grundsubstanz der Hornhaut noch als eine durchaus structurlose auffassen, ist Feltz (59) zu nennen.

§ 3. **Die Grundsubstanz oder Kittsubstanz** verlöthet die eben besprochenen Fibrillen sowie deren Bündel und die Lamellen miteinander zu einer ziemlich festen einheitlichen Masse. Demnach muss eine interfibrilläre, interfasciculäre und interlamelläre Kittsubstanz unterschieden werden. Bei den grösseren Säugethieren sollen nach Henle (84) in dieser Kittsubstanz noch feine elastische Fasern vorhanden sein, ebenso beim Menschen, aber nur in der Nähe des Hornhautfalzes. Letztere konnte ich ebenfalls auffinden; mitten im Cornealgewebe habe ich dagegen auch bei den grösseren Haussäugethieren (Rind, Pferd) keine elastischen Fasern wahrgenommen. — Die Brechungsverhältnisse der beiden Substanzen, der fibrillären und der interfibrillären Substanz, sind im frischen Zustande so wenig different, dass sie unmittelbar nach dem Tode durch kein optisches Hülfsmittel deutlich von einander unterschieden werden können, und demnach bei der frischen Cornea ganz und gar der Eindruck einer homogenen Grundmasse, in welche die gleich zu besprechenden Lücken mit den darin eingeschlossenen Zellen eingegraben wären, herauskommt. Erst durch längeres Liegen in der feuchten Kammer kann man wenigstens Spuren der Fibrillenzüge und der Kittsubstanz an der Cornea auch ohne weitere Reagentien deutlich machen. Letztere wirken entweder durch Auflösung der Kittsubstanz (10 pc. Kochsalzlösung und übermangansaures Kali) oder durch differente Einwirkung auf die Brechungsverhältnisse der beiderlei Substanzen. Ich komme später auf die chemischen Verhältnisse der Cornealsubstanz zurück.

Wo es gelingt die Kittsubstanz auch ohne besondere Reagentien deutlich zu sehen — und ich empfehle dazu die in der feuchten Kammer aufbewahrte Cornea des Rindes — erkennt man dieselbe zwischen den Bündeln als eine matte, hie und da wie Protoplasma äusserst fein granulirte Masse, welche von Stelle zu Stelle kleine Anschwellungen wie feinste varicöse Bildungen zeigt. Die gerade, den Bündeln durchaus entsprechende Richtung des Verlaufes dieser Massen zwischen den Fibrillenbündeln und ihre durchaus stets parallele Lagerung lässt eine Verwechselung mit anderen Theilen der Cornea, namentlich mit den feinen Nervenfibrillen, nicht zu.

Die Kittsubstanz fasse ich als einen veränderten Rest des Protoplasmas der Bildungszellen auf, aus denen sich in der frühesten embryonalen Periode die Substantia propria corneae ausschliesslich zusammensetzt. Die meisten dieser Bildungszellen wandeln sich nämlich in die Grundsubstanz der Hornhaut um, indem ihr Protoplasma grösstentheils zur fibrillären Substanz wird, während ein Rest dieses Protoplasmas in einem mehr homogenen Zustande zwischen den Fibrillen und deren Bündeln als Kittsubstanz übrig bleibt, andere Zellen aber als die späteren Hornhautzellen persistiren. Abweichend ist die Ansicht ROLLETT's (206), welcher, conform seinen Anschauungen über die Bindegewebsentwickelung überhaupt, die interfibrilläre Substanz zuerst als homogene Masse zwischen den Zellen sieht. Diese homogene Masse sei der am frühesten gebildete Bestandtheil der Grundsubstanz; die Fibrillen seien erst ein nachträgliches Differenzirungsproduct in der homogenen Masse. Nach vollendeter Ausbildung der Fibrillen erscheine letztere dann als die interfibrilläre Kittsubstanz. — HIS (91) rechnet den Gewebekitt der Bindesubstanzen zu den Mucoidsubstanzen.

Dass die Kittsubstanz dem gewöhnlichen Zellprotoplasma nahe steht, lässt sich aus der Auflösung derselben in 10 pc. Kochsalzlösung schliessen, wie SCHWEIGGER-SEIDEL (222) gezeigt hat. Die Fibrillen werden hierbei frei, und in der Lösung der Kittsubstanz findet sich Myosin, welches sehr wahrscheinlich (vgl. KÜHNE, Lehrb. der physiol. Chemie p. 334) auch im gewöhnlichen Zellprotoplasma vorkommt.

Will man die Kittsubstanz des fibrillären Bindegewebes mit anderen Bestandtheilen der Bindesubstanzreihe vergleichen, so dürfte die hyaline Grundsubstanz des Knorpels als Aequivalent derselben zu betrachten sein. Die verschiedenen Uebergangsformen, welche im Faserknorpel und auch im elastischen Knorpel gegeben sind, sprechen dafür.

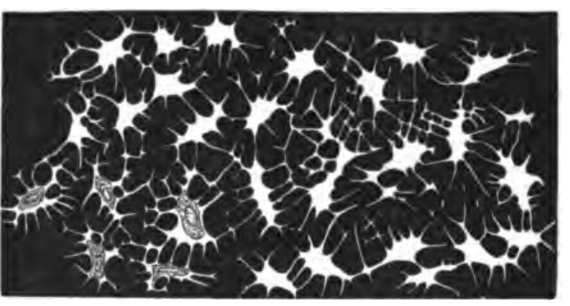
§ 4. In die Substantia propria corneae, oder, schärfer gefasst, in die eben besprochene Kittsubstanz, welche die fibrilläre Masse zu einem Ganzen verschmelzen macht, ist ein eigenthümliches Lücken- und Canälchensystem, das v. Recklinghausen'sche Saftcanalsystem, eingegraben. Sehen wir zunächst einmal ab von den innerhalb dieses Canalsystemes gelegenen Gebilden: — Zellen und zum Theil Nervenfasern — so lässt sich durch die verschiedensten Behandlungsweisen in der Cornea ein System von flach linsenförmigen Hohlräumen darstellen, welche mit äusserst zahlreichen feinen canalähnlichen Ausläufern unter einander verbunden sind. Die Figg. 1, 2, 3, 4, 7 und 8 mögen ein Bild dieses Canalsystemes geben. In Fig. 1 und 2 sind sie nach dem Durchschnittsbilde, in Fig. 3, 4, 7 und 8 nach der Flächenansicht gezeichnet. Die flach linsenförmigen Lücken, Saftlücken v. RECKLINGHAUSEN, liegen in der interlamellären Kittsubstanz; ihre Ausläufer, die Saftcanälchen, liegen sowohl in der interlamellären, als auch zwischen den Bündeln in der interfasciculären Kittmasse; ob dieselben auch bis in das Innere eines Fibrillenbündels, d. h. also in die interfibrilläre Kittsubstanz, vordringen, vermag ich nicht sicher zu behaupten, möchte es aber bei der sehr grossen Zahl der Canälchen nicht bezweifeln. Bei der regelmässigen Disposition der Fibrillenbündel und demgemäss auch der sie verbindenden Kittsubstanzen ist es selbstverständlich, dass die von den Lacunen auslaufenden Canälchen vorzugsweise den gekreuzten Richtungen der

interfasciculären Kittsubstanz folgen. Uebrigens gehen von jeder Saftlücke Canälchen nach fast allen Richtungen aus, zumeist freilich in der betreffenden interlamellären Ebene, und hier wieder dem Zuge der Bündel folgend. Andere Canälchen steigen in mehr nach vorn gelegene Lamellen vorwärts oder tiefer in eine solche rückwärts. Da die Fibrillenbündel der verschiedenen Lamellen eine gekreuzte Richtung besitzen und die Canälchen in den Lamellen natürlich dem Verlaufe der interfasciculären Substanz folgen, so biegen sie auch in die rechtwinklig kreuzende Richtung um. So kommt es, dass die Ausläufer von Saftlücken, welche in benachbarten Ebenen liegen, einander meist rechtwinklig kreuzen; dasselbe findet aber auch bei verschiedenen Ausläufern einer und derselben Saftlücke statt. Ausser diesen ziemlich lang in den interfasciculären Kittsubstanzstrassen verlaufenden Canälchen gibt es nun noch andere, welche kürzere und mehr unregelmässig gewundene Wege ziehen, nach allen Richtungen hin, indem sie entweder zwei benachbarte Saftlücken oder auch Saftcanälchen untereinander verbinden. Fig. 3, 4 und 7 erläutern die geschilderten Vorkommnisse.

v. Recklinghausen (195) hat dies Saftcanalsystem in den thierischen Bindesubstanzen und in der Hornhaut entdeckt, und zwar vorzugsweise gestützt auf die Silberimprägnation der Gewebe. Coccius (s. Flinzer's Diss.) (60) kannte bereits die eigenthümliche Wirkung der Lösungen des salpetersauren Silberoxyds auf die Hornhaut, wobei bald die Grundsubstanz, bald die Zellen (Körperchen) sich durch die Silberniederschläge färbten (negative und positive Silberbilder), ebenso His. Das von v. Recklinghausen besonders cultivirte und ausgebildete Verfahren und die aus solchen Bildern gezogenen Schlüsse sind vielfach angefeindet worden. Nichts desto weniger gibt dasselbe, richtig angewendet, so unzweideutige Resultate, die sich in jeder Controle bewähren, dass ich nicht zu viel zu sagen glaube, wenn ich behaupte, dass die Gegner dieser Behandlungsweise und des regulären Saftcanalsystemes in der Hornhaut niemals ordentliche Silberbilder vor Augen gehabt haben müssen.

Ein Blick auf die citirten Figuren, von denen ein Theil von der frischen, in Kammerwasser untersuchten Hornhaut stammt, zeigt schon hinlänglich, dass die Deutung solcher Bilder als Kunstproducte unmöglich ist, wenn man bedenkt, dass dieselben bei richtiger Behandlung der Hornhaut mit der Silberlösung immer und immer in derselben Weise erhalten werden können, und den frisch gewonnenen Bildern, Fig. 7 u. 8, durchaus entsprechen. Freilich ist dabei nicht ausgeschlossen, dass das eine Mal die Canälchen vollkommener, das andere Mal etwas weniger vollkommen erhalten werden. Der Character der Bilder bei derselben Thierspecies ist aber immer derselbe, so dass man z. B. aus dem Silberbilde allein recht gut menschliche und Froschhornhaut von einander unterscheiden kann. Man hat davon gesprochen, wie neuerdings Robinski (203), dass man ähnliche Bilder auch auf Glas etc. hervorbringen könne. Ich bin sicher, dass das Bild der Hornhautcanälchen, wie es eine richtig angestellte Silberbehandlung

Fig. 8.



Saftcanälchensystem von der Hornhaut eines ca. 30jährigen Mannes (Silberpräparat Hartnack VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) In 4 Zellen einer Ecke des Präparates sind die Hornhautzellen, so wie sie an diesem Präparate überall ohne weitere Behandlung erschienen, hineingezeichnet.

an der Cornea liefert, niemals von Jemandem mit der Silberlösung auf einer Glasplatte wird producirt werden können; wer leichtgläubig genug ist, das anzunehmen, hat noch keine ordentlichen Hornhautsilberbilder gesehen.

Man erwäge ferner, dass es auch mittelst anderer Imprägnationsmethoden gelingt, dieselben Bilder zu erhalten wie mit der Silberbehandlung, z. B. mit Eisenoxydullösung und nachheriger Behandlung mit Ferridcyankalium, wie es bereits von v. Recklinghausen (195) versucht wurde, und es nachher besonders Leber (142) studirt hat. Die so erhaltenen (negativen) Bilder des Saftcanalsystems stimmen auch nach meinen Erfahrungen vollkommen mit den Silberbildern überein. Sie sind leichter und sicherer zu bekommen, stehen aber den Silberbildern, was Klarheit und Vollständigkeit der Zeichnung anlangt, entschieden nach.

Behandelt man versilberte Hornhäute, welche das Saftcanalsystem recht gut zeigen, mit färbenden Flüssigkeiten, — ich empfehle am meisten das Hämatoxylin — so zeigt sich in der bestimmtesten und unzweideutigsten Weise, dass überall in den Saftlücken ihr weiter unten zu besprechender körperlicher Inhalt, die roth oder blau gefärbten Hornhautzellen liegen, von denen sich mitunter feine Ausläufer in einen Theil der Saftcanälchen erstrecken. Vergleicht man mit diesen Bildern die Bilder der Hornhaut aus der einfachen feuchten Kammer und aus der Jodkammer (nach Rollett) (206), ferner die Bilder, welche man nach einfacher Hämatoxylin- oder Carminfärbung erhält, so kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die Saftcanälchen und Saftlücken genau den Räumen entsprechen, in denen das frische oder gefärbte Präparat die Hornhautzellen mit ihren Ausläufern zeigt. Das Silber lässt ebenso die später zu besprechenden Nervencanäle der Hornhaut ungefärbt, und es entsprechen auch hier, wie man sich an Controlpräparaten (frischen und vergoldeten) ohne Weiteres überzeugen kann, die vom Silber gelieferten Bilder mit vollkommener Treue dem durch die anderen Beobachtungsweisen eruirbaren Verhalten.

Je sorgfältiger man die von v. Recklinghausen (195) angegebenen Cautelen beobachtet, desto vollkommener werden die Silberbilder, desto treuer entsprechen sie den Verhältnissen, wie sie die Beobachtung der frischen Hornhaut und die Färbemethoden uns kennen lehren. Um hier nur eins hervorzuheben, so muss, um schöne Silberbilder der Hornhaut zu erhalten, ein gewisser Füllungszustand des Canalsystems im Augenblicke der Silbereinwirkung erhalten werden, und, will man, was aber zur Darstellung der Silberbilder nicht unumgänglich nöthig ist, das vordere Epithel entfernen, so muss das mit der grössten Schonung geschehen. Imprägnirt man die vorher ausgeschnittene Hornhaut, so erhält man nie so vollkommene Bilder, nie ein so zierliches und vollständiges Canalnetz, als wenn man die Hornhaut *in situ* mit dem ganzen Bulbus imprägnirt, was z. B. bei Froschhornhäuten sehr leicht zu erreichen ist. Beim Abpinseln des Epithels werden naturgemäss die dem Hornhautfalz zunächst gelegenen Schichten am wenigsten gefährdet; hier erhält man auch stets die schönsten Silberbilder, während es seltener gelingt, sie mit gleicher Vollkommenheit vom Hornhautscheitel sich zu verschaffen. Diese beiden Erfahrungen wird Jeder, der sich einigermassen mit der Sache beschäftigt, ganz constant machen, und sie sprechen, meine ich, laut genug dagegen, dass man die durch Silberbehandlung dargestellten Saftlücken und Saftcanälchen als ein Kunstproduct verwerfen dürfe. [1])

Es muss hier endlich noch angefügt werden, dass, wie bereits v. Recklinghausen (195) angegeben hat, die Saftcanälchen und Saftlücken in den verschiedenen Schichten der Hornhaut eine etwas verschiedene Form und Grösse zeigen. Die kleinsten Lücken mit dem reichlichsten Canalnetz findet man dicht unter dem vorderen Epithel, die grössten in der Nähe der Descemet'schen Membran. Es ist dieses constante, an jedem guten Silberbilde wiederkehrende

---

1) Wenn in dem Referat über die Arbeit L. v. Thanhoffer's (der Originalartikel (234 a) war mir nicht zugänglich), Berliner med. Centralblatt 1873, No. 41, angegeben ist, dass das Einlegen des intacten Bulbus eine Modification des v. Recklinghausen'schen Verfahrens sei, so ist das nicht zutreffend. Bereits Harpeck hat dasselbe Verfahren angewendet und zwar, wie er ausdrücklich bemerkt, auf Grund mündlicher Mittheilungen v. Recklinghausen's.

Verhalten unvereinbar mit der Annahme von Kunstproducten. Das Saftcanalsystem ist aber nicht nur in den vorderen und hinteren Schichten der Cornea darstellbar, sondern man kann, wenn man eine frische Hornhaut, wie ich das wiederholt ausgeführt habe, in einzelne Lamellen zerlegt, jede einzelne Lamelle noch mit befriedigendem Erfolge für die Darstellung kleinerer Canälchengruppen imprägniren. — Ueber die Beziehungen der Hornhautzellen zu den Canälchen, namentlich über die Frage, ob alle Canälchen Ausläufer der Hornhautzellen bergen, wird weiter unten im Anschluss an die Betrachtung der Hornhautzellen selbst das Nöthige berichtet werden.

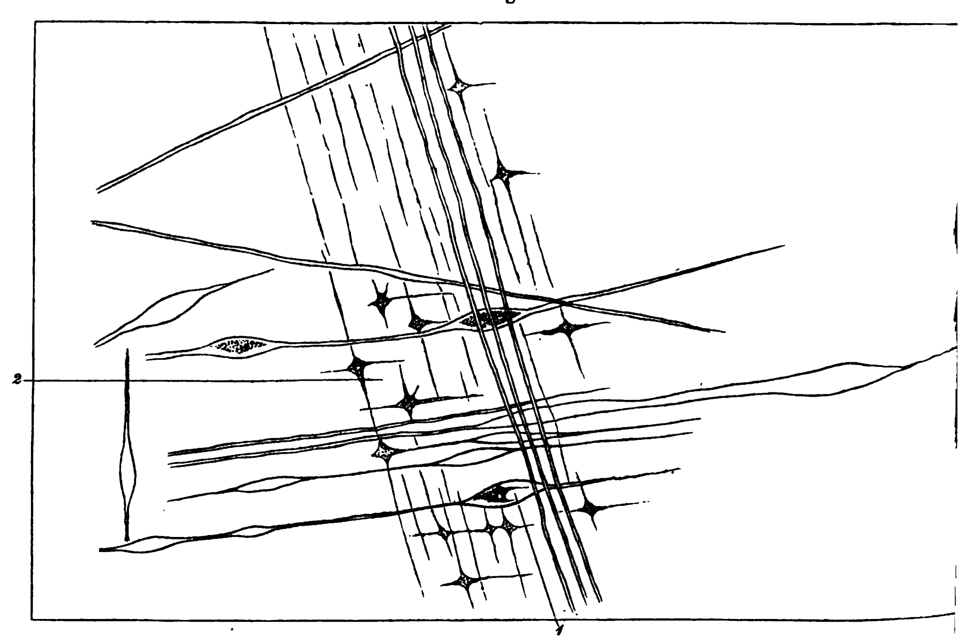
§ 5. Eine nicht geringe Stütze für die hier vertheidigte Auffassung des durch die Silberbehandlung darstellbaren Canalsystems in der Hornhaut bieten die Resultate der Einstichsinjectionen. Bekanntlich wurde diese Injection zuerst von Bowman (21) mittelst Quecksilber an der Rinderhornhaut ausgeführt, wo er lange röhrenförmige Figuren, die von ihm sogen. »*corneal tubes*« erhielt, später von His (91), von v. Recklinghausen (195), Leber (141), Rollett (206), Boddaert (19) u. A. wiederholt. Auch die auf diese Weise erhaltenen Bilder mussten den Vorwurf der »Kunstproducte« sich gefallen lassen. Namentlich hat sie Rollett (206) in letzter Zeit einfach als »Sprenglücken« gedeutet, dadurch entstanden, dass die Injectionsmasse die Fibrillenzüge auseinanderdränge und damit in künstlich geschaffene, zufällige und regellose Räume — als solche betrachtet Rollett die Bowman'schen *corneal tubes* — sich hineinergiesse.

Schon v. Recklinghausen (195) hat auf die Verschiedenheit der *corneal tubes* hingewiesen, welche z. B. die Hornhäute vom Ochsen einerseits und vom Menschen und Meerschweinchen andererseits zeigen. Derselbe verwendete, ausser dem von Bowman eingeführten Quecksilber, besonders ölige Massen, welche die Hornhautsubstanz nicht quellen machen. Ich kann, gestützt auf zahlreiche Injectionsversuche mit verschiedenen, namentlich öligen Flüssigkeiten, der von v. Recklinghausen und Leber vertretenen Ansicht, dass bei einer vorsichtigen Injection nur die präformirten Saftlücken und Canälchen gefüllt würden, durchaus zustimmen. Beim Ochsen erhält man bekanntlich langgestreckte, gerade verlaufende Figuren, s. Fig. 4, die von Strecke zu Strecke sich spindelförmig erweitern. Diese »Cornealcanäle« verlaufen in den verschiedenen übereinander liegenden Lamellen im allgemeinen in senkrecht zu einander stehenden Richtungen. Untersucht man die Randzone der injicirten Partie, da wo letztere an nicht injicirtes Gewebe grenzt, so zeigen sich die Canäle in grösster Feinheit und Zierlichkeit; die Anschwellungen entsprechen durchaus der Grösse der auch durch Imprägnation darstellbaren Saftlücken, und bei aufmerksamer Musterung der Präparate sieht man in diesen Erweiterungen auch kernhaltige Protoplasmakörper liegen, wie es Fig. 4 wiedergibt. Bei Anwendung öliger Massen, welche hier allen anderen vorzuziehen sind, erhält man den Eindruck, als schwämmen diese Protoplasmakörper auf dem injicirten Oele. Es muss allerdings befremden, dass man bei der Rinderhornhaut sowohl während der Injection die Figuren nur immer in geraden Linien in einer Richtung vorwärts anschiessen sieht, als man auch bei späterer mikroscopischer Untersuchung vorwiegend solche geradlinig verlaufende Injectionsfiguren antrifft. So ist es auch beim Kaninchen und beim Frosch. Lägen in der That die Injectionsmassen innerhalb des Saftcanalsystems, so sollte man meinen, es müssten auch die durch Silber darstellbaren sternförmigen Figuren bei der Injection erscheinen. Zunächst ist nun zu bemerken,

dass auch beim Ochsen, wenn man recht vorsichtig injicirt und die Masse mehr durch sanftes Streichen der Hornhautoberfläche als durch forcirten Druck mit der Spritze vorwärts treibt, es gar nicht selten gelingt, sternförmige Lücken zu injiciren, von denen man die Canäle nach mehreren Richtungen hin radiär ausstrahlen sieht, Bilder, welche durchaus den Saftlückenfiguren entsprechen, wie sie



Fig. 1.



Einstichinjection der Ochsencornea; Bowman's Corneal-Tubes. (Hartnack: System IV, Zeichnenprisma, eingeschobener Tubus). 1) Erweiterte Stelle, einer Saftlücke entsprechend, mit einem kernhaltigen Protoplasmakörper darin. 2) Saftlückennetz in tieferer Schicht durchschimmernd; feine Verbindungszüge interfasciculärer Kittsubstanz.

uns die frische und versilberte Cornea kennen lehren. Man möge aber ferner erwägen, dass die grösseren Saftcanälchen in der Rindercornea vorzugsweise in geradliniger Richtung langausgedehnt vorwärts ziehen, wie namentlich die pigmentirten Randpartieen schon ohne Weiteres am Verlaufe der Pigmenteinlagerungen erkennen lassen. So entstehen, indem die einzelnen Saftlücken durch die geradlinigen Canälchen überall verbunden sind, lange, ganz gerade hinziehende grössere Saftröhren, welche von Strecke zu Strecke durch die eingeschobenen Saftlücken spindelförmig unterbrochen erscheinen und natürlich am leichtesten injicirt werden.

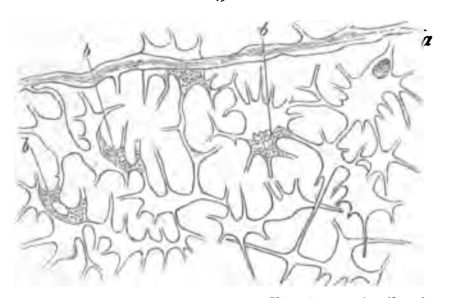
Steigert man leicht den Injections-Druck, so sieht man auch vielfach die Masse nach den verschiedensten Richtungen hin anschiessen. Doch sind Präparate, bei deren Herstellung man starken Druck angewendet hat, überhaupt nicht mehr zu gebrauchen, weil hier bei der grossen Dehnbarkeit des Hornhautgewebes die injicirten Räume sich so dilatiren, dass unförmliche Figuren entstehen, die zu irgend einer sicheren Deutung nicht mehr verwerthbar sind.

Dann treten natürlich auch ROLLETT's »Sprenglücken« in ihr Recht ein. Es ist ja klar, dass in einem weichen Gewebe, wenn in demselben ein Canalnetz mit präformirten Bahnen und continuirlicher, für den gewöhnlichen Flüssigkeitsstrom unveränderlicher und gut abschliessender Wandbegrenzung (die interstitielle Kittsubstanz) vorhanden ist, wie es in der That das Saftcanalnetz der Hornhaut darstellt, es ist klar, meine ich, dass in einem solchen Gewebe Risse und Lücken entstehen müssen, wenn man unter etwas gesteigertem Druck Injectionsmassen in das Canalnetz hineintreibt. An einer oder der anderen Stelle gibt dann die für geringen Druck vollkommen abschliessende, sicher begrenzende, aber dennoch weiche Kittsubstanz nach und weicht vor dem andrängenden Strome, und dann können natürlich die verschiedensten Gewebslücken und willkürlichsten Figuren in der Hornhaut entstehen. Ein guter Theil der Bowman'schen *corneal tubes* in der Rinderhornhaut mag auch so gedeutet werden müssen; doch muss ich bestreiten, dass die oben erwähnten, bei sanftem Druck immer in gleicher Weise anschiessenden langen Figuren in der Rindscornea sämmtlich Sprenglücken sind. Ich meine nicht, eine vollkommen befriedigende Erklärung der Ursachen gegeben zu haben, welche in den Hornhäuten gewisser Thiere das besonders häufige Vorschreiten der Injectionsmasse nur in gewissen Saftcanälchen, und zwar solchen, die in bestimmter, gerader Richtung verlaufen, bedingen; glaube aber gezeigt zu haben, dass diese Eigenthümlichkeit keine Gründe abgeben kann, an der Identität eines guten Theiles dieser Cornealcanäle mit langen gerade verlaufenden Saftcanälchen, und ihrer Erweiterungen mit eingeschobenen Saftlücken, zu zweifeln.

War das Verhalten der Injectionsresultate bei der Hornhaut des Rindes nicht so ohne Weiteres mit der Annahme der Injection eines Saftcanalsystems, wie wir es durch Silberimprägnation darstellen können, in Einklang zu bringen, so ist dagegen die Cornea des Menschen und die des Meerschweinchens ein sehr günstiges Object, an welchen man mit leichtester Mühe beweisen kann, dass die eingetriebene Injectionsmasse das präformirte Saftcanalsystem füllt, und **nur dieses** füllt, wenn man mit den nöthigen Cautelen verfährt. Ich rechne zu diesen Cautelen die Wahl einer passenden Injectionsmasse (am besten Terpentinöl mit Alkannin gefärbt, oder das ätherische Extract der Anacardiumnüsse), die Erhaltung der Hornhaut in ihrem natürlichen Spannungszustande und die Verwendung recht frischer Hornhäute. Am besten geräth die Injection, wenn man an einer Stelle in der Nähe des Randes einsticht, ein wenig Masse, deren Quantität die eigene Erfahrung am besten abmessen lehrt, unter geringem Druck, der überhaupt auch nur nöthig ist, eintreibt, und dieselbe nun durch sanftes Streichen mit einem runden, glatten Glasstabe, oder mit dem Finger, weiter zu schieben sucht. In den Randpartieen der injicirten Zone sieht man dann immer die sternförmigen Figuren der Saftcanälchen gefüllt. (Fig. 5.) Sind die Hornhautzellen, von denen weiter unten die Rede sein soll, deutlich geworden, so sieht man in allen Erweiterungen solche liegen. Man sieht, wie die Injectionsflüssigkeit in einzelne Canälchen oder Lücken nur halb eingedrungen ist, und man kann dann die Contouren der Canälchen und Lücken über diese nur partiell eingetriebene Injectionsmasse hinaus noch deutlich verfolgen, indem man wahrnimmt, dass dieselben in ihrer Configuration mit den Contouren der vollkommen injicirten Räume durchaus übereinstimmen und deren directe Fortsetzungen darstellen. Ja,

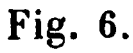
man kann unter dem Mikroscope bei leichtem Druck die Injectionsmasse weiter treiben und beobachtet dann immer, wie sich dieselbe nur in den bereits vorher erkennbaren Bahnen weiter bewegt, denselben Bahnen, welche auch die Hornhautzellen einschliessen, und welche uns gut ausgeführte Imprägnationen in so trefflicher Weise kennen lehrten.

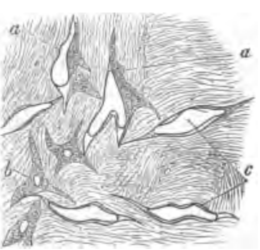
Fig. 5.



Saftcanälchen der menschlichen Hornhaut mit alkaninrothem Terpentinöl injicirt (nur die Contouren der rothen Injectionsfiguren sind wiedergegeben). (Hartnack V, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) *a*) Nervencanal, ebenfalls mit rother Masse injicirt. *b*) *b*) *b*) Hornhautzellen durch die Injection der sie beherbergenden Saftlücken comprimirt; in einer Zelle ist noch der Kern sichtbar.

Wir haben aber noch andere Mittel, welche zur Evidenz zeigen, dass die mit Silber darstellbaren Saftcanälchen und die Bahnen der Einstichsinjection dieselben sind. Ich habe Injectionspräparate der Art nachträglich versilbert, und es ist mir mehrfach gelungen, an einzelnen Stellen unzweideutige Saftcanälchen und Saftlückenfiguren zu erhalten, welche die Injectionsmasse enthielten. Treibt man ferner die Masse bis zur Skleralgrenze vor, so sieht man, dass dieselbe sich in jenen Bahnen weiterbewegt, welche auch die Pigmentzellen enthalten. Ich habe öfters von der Cornea aus die Saftcanälchen der Sklera in den angrenzenden Partieen gefüllt, und immer fanden sich mehrere in jedem Präparat, welche deutlich die Pigmentzellen neben der Injectionsmasse umschlossen. (Vgl. Fig. 6). Die Masse dringt also auch hier in präformirten Bahnen vorwärts.





Stück der Sklera vom Ochsen nahe der Hornhautgrenze. Injection der Cornea mit alkannarothem Terpentinöl. (Hartnack III, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) *a*) *a*) Saftlücken der Sklera mit Pigmentzellen, letztere durch die injicirte Terpentinmasse comprimirt, die Saftlücken dilatirt. *b*) normale nicht dilatirte Saftlücken, ganz von pigmentirten Zellen ausgefüllt. *c*) Saftlücken mit glänzenden Terpentintropfen; die Zellen nicht sichtbar.

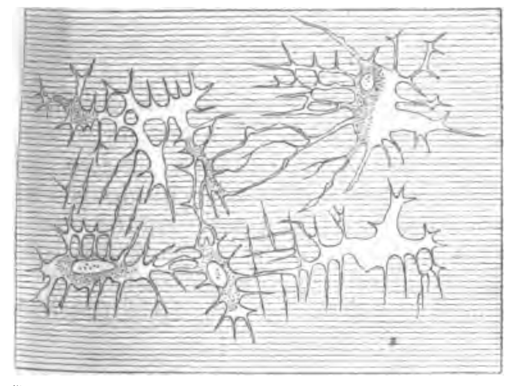
Nach diesen Ergebnissen meiner Injectionsversuche muss ich mich denen anschliessen, welche wie Bowman (21), v. Recklinghausen (195), Leber (141), und neuerdings Boddaert (19) annehmen, dass durch Einstich in die Hornhaut regelmässig präformirte Bahnen injicirt werden können, welche mit dem v. Recklinghausen'schen Saftcanalsystem identisch sind, und welche auch die Hornhautzellen bergen. Es lag mir hier daran, auch mittelst der Einstichsmethode festgestellt zu sehen, dass es in der Hornhaut ein Lacunen- und Canalsystem gibt, welches sich leicht füllen lässt, und welches mit dem, was uns die Silberbilder zeigen, identisch ist. Es gewinnt dadurch die Auffassung, welche wir oben von einem präformirten, fest begrenzten Saftcanalsystem in der Hornhaut vertreten haben, im Gegensatze zur Annahme beliebiger interstitieller Lücken, innerhalb derer die Hornhautzellen lägen, eine bedeutende Unterstützung.

§ 6. Ich habe es noch auf einem andern Wege versucht, den Bahnen, welche

Flüssigkeitsströme in der Hornhaut nehmen können, nachzuspüren. Ich band die vordere Hälfte eines Augapfels vom Rinde auf ein entsprechend weites Glasrohr, so dass die Cornea frei blieb und der Oeffnung dieses Rohres entsprach. Die Cornea tauchte in eine dünne Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul ein; das andere Ende der Glasröhre ward mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt. Nachdem etwa 5 — 6 Minuten der Atmosphärendruck eingewirkt hatte, wurde die Cornea in Ferridcyankaliumlösung gebracht, nachdem vorher durch Auftröpfeln letzterer Substanz auf die der Eisenoxydullösung abgewendet gewesene Seite der Descemet'schen Membran constatirt war, dass das Eisenoxydul überhaupt durchgedrungen war. Schnittpräparate liessen später die blaue Färbung überall im Bereiche der Saftcanälchen erkennen, namentlich aber in den peripherischen Lagen der Hornhaut. Letzteres Verhalten stimmt mit den Erfahrungen LAQUEUR's (135) überein, welche darthun, dass auch Flüssigkeiten, welche in die vordere Augenkammer eingebracht worden sind, in kurzer Frist durch die ganz unversehrte Hornhaut transsudiren und zwar am raschesten in den peripheren Partieen.

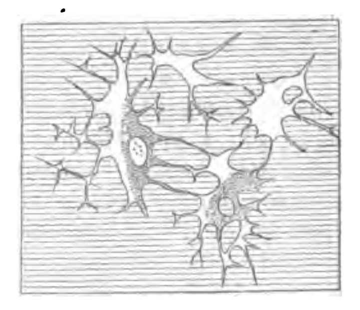
§ 7. Auch an der frischen Hornhaut kann man, wie bereits kurz erwähnt, wenn letztere einige Zeit hindurch in der feuchten Kammer aufbewahrt gewesen ist, von der Existenz des Saftcanalsystems sich überzeugen. Untersucht man solche Hornhäute ohne allen Druck mit starken Linsen, so gewinnt man an guten Präparaten ein überraschendes Bild, welches an Mannichfaltigkeit der Zeichnung und zierlicher Ausprägung derselben wol die besten

Fig. 7.



Stück der Froschcornea frisch in Kammerwasser. Saftlücken- und Canälchensystem. Fünf Hornhautzellen in fünf verschiedenen Lücken, zum Theil mit deutlich sichtbaren Kernen. Die Lücken werden von den Hornhautzellen nicht ausgefüllt. (Hartnack, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben).

Fig. 8.



Von einer menschlichen Cornea eine Stunde nach dem Tode in Kammerwasser untersucht. Vier grössere anastomosirende Saftlücken, 2 davon mit Hornhautzellen; letztere füllen die Lücken nicht aus. (Hartnack, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben).

Silberzeichnungen noch überbietet. Besser als jede weitläufige Beschreibung werden die Figuren die Sache erläutern: Fig. 7 repräsentirt eine mit der Camera lucida gewonnene Zeichnung aus der Froschcornea, nachdem letztere 6 Stunden in Kammerwasser aufbewahrt worden war, Fig. 8 gehört einer etwa

eine Stunde nach dem Tode in Kammerwasser untersuchten menschlichen Cornea an. Beide zeigen reichverzweigte sternförmige Figuren mit zahlreichen zarten Ausläufern, die sich wie helle Lücken und Canäle in der etwas dunkler und homogen erscheinenden Corneasubstanz ausnahmen. Hält man diese Figuren mit den Silberbildern und den Injectionsfiguren zusammen, cf. Fig. 2 und 5, so kann an der Identität dieser Dinge kein Zweifel bleiben. Um keiner Missdeutung zu unterliegen, muss ich hier schon voraufschicken, dass, wie auch unmittelbar aus der Betrachtung der Figuren hervorgeht, die eigentlichen Hornhautzellen in ihrer Form und Begrenzung nicht mit diesen reichverästelten Figuren der frischen Hornhaut sich decken; dieselben liegen vielmehr als platte Körper nur mit wenigen unbedeutenden Ausläufern der einen oder der anderen Wand der Saftlücken an.

§ 8. Ich muss an dieser Stelle noch einmal auf die vorhin besprochene Kittsubstanz und auf deren Verhalten zu den Saftcanälchen, so wie zu den Bildern, welche man durch Einstichsinjection erhält, zurückkommen, um allen möglichen Einwänden gegen ein fest begrenztes Saftcanalsystem zu begegnen. Wenn zwischen den Fibrillenbündeln und den einzelnen Fibrillen eine weiche protoplasmaähnliche Kittmasse liegt, wenn in diese Masse die Einstichsinjectionen, welche, wie wir gezeigt haben, auch das Saftcanalsystem füllen, beim Rinde fast regelmässig vordringen, so sollte man meinen, es sei ein geschlossenes Saftlückensystem im Sinne v. Recklinghausen's nicht mehr aufrecht zu erhalten, wie das z. B. im Wesentlichen von C. F. Müller (168) entgegengehalten worden ist.

Es wird jedoch bei richtiger Erwägung der Sache an der vorhin dargelegten Auffassung des Saftcanalsystems und seines Verhältnisses zur Substantia propria corneae durch die Existenz einer relativ weichen interfibrillären Kittsubstanz nichts Wesentliches geändert. Denn es ist leicht ersichtlich, dass in einem weichen Gewebe, welches zusammengesetzt ist aus Fibrillenbündeln und einer dieselben gleichmässig durchdringenden, alle Zwischenräume ausfüllenden Kittsubstanz, sehr wohl Hohlräume für die Beherbergung von Zellen und für die Circulation lymphatischer Flüssigkeiten ausgegraben sein können, welche unter normalen physiologischen Verhältnissen eine ganz bestimmte Ausdehnung und Form innehalten, so dass circulirende Flüssigkeiten und sich etwa frei darin bewegende Zellen nur diese vorhandenen Bahnen einzuschlagen vermögen; während bei erhöhtem Druck, wie ihn die Einstichsinjection liefert, leicht die weiche Begrenzungsmasse der Saftlücken und Canälchen an irgend einer Stelle nachgibt und die Injectionsmasse nun den grösseren Kittanhäufungen zwischen den Fascikeln folgt, indem sie die Kittsubstanz gleichsam vor sich her schiebt. Ein guter Theil der beim Ochsen zu injicirenden Bahnen mag, wie vorhin bemerkt, auf Rechnung solcher Kittsubstanzstrassen gesetzt werden müssen, wenn auch, wie wir gezeigt haben, bei geringem Druck nur präformirte Hohlräume eingespritzt werden. Beim Menschen, Meerschweinchen etc. ist die Kittsubstanz, welche die Hohlraumbegrenzung bildet, wie es scheint, resistenter, als beim Ochsen, indem dort bei mässigem Druck nur die den Saftcanälchen entsprechenden Figuren injicirt werden.

Es schliesst sich an diese Betrachtung die Frage, ob das Saftcanalsystem eine eigene Wandung besitze? v. Recklinghausen (195) hat solche Wandungen

geläugnet. His (91) und Leber (141) haben durch Maceration in Säuren sternförmige Körper isolirt, welche, meiner Ansicht nach, nicht den Hornhautzellen, sondern den Saftlücken mit einem Theile ihrer Ausläufer (Canälchen) entsprechen. Wenigstens ist es mir gelungen, innerhalb solcher isolirter sternförmiger Körper aus der Hornhaut, sowie aus Knochen, noch Rudimente kernhaltiger feinkörniger Massen, welche ich für die eigentlichen Hornhautzellen erklären muss, zu sehen. Leber (141) konnte auch nach voraufgegangener Injection lange Bowman'sche Corneal tubes und netzförmig verzweigte Körper isoliren. Demnach könnte es scheinen, als ob in der That das Saftlückensystem der Hornhaut eigene Wandungen besässe. Dennoch, glaube ich, geht man mit dieser Annahme zu weit. Es wird sich hier verhalten wie beim Knochen und Zahnbein, wo ich die zuerst von E. Neumann nicht als Zahnbein f a s e r n und Knochen z e l l e n, sondern mit Recht als Zahnbein- und Knochen l ü c k e n mit besonders resistenter Wandschicht gedeuteten, durch Säuren isolirbaren Gebilde dahin interpretirt habe, dass wahrscheinlich um jede Höhle oder Lücke in den Bindesubstanzen sich mit der Zeit eine besonders resistente (elastische) Grenzschicht in der unmittelbar anstossenden Grundsubstanz ausbilde. So werden auch in der Hornhaut die an die Saftlücken unmittelbar angrenzenden Schichten der Kittsubstanz in einer gewissen Altersperiode sich zu einer in Säuren widerstandsfähigeren, dem elastischen Gewebe nahestehenden Substanz umwandeln, welche sich erhält, wenn die Fibrillen und die übrige unveränderte Kittsubstanz sich auflösen, und so die Lücken und Canälchen als körperliche Dinge isoliren lässt. Eine besondere, ausschliesslich den Canälchen angehörige Wandung kann ich daher nicht gelten lassen, sondern nur eine grössere Resistenz der die Lücken zunächst begrenzenden Kittsubstanzschicht.

Man versteht nicht recht, wenn man an eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Gewebsformen gewöhnt ist, wie das v. Recklinghausen'sche Saftcanalsystem bis auf den heutigen Tag noch so manchen Zweifeln begegnet, Zweifeln, die nach der Art, wie sie vielfach begründet worden sind, zu urtheilen, weniger auf einer sachlichen Erwägung, als vielmehr auf dem Misstrauen zu beruhen scheinen, welches eingreifenden Neuerungen immer entgegen zu treten pflegt. Und doch haben wir im Knochengewebe ein Paradigma des Saftcanalsystems vor uns, welches seit Purkinie-Deutsch's und Joh. Müller's Beobachtungen Jedem die hier wesentlichen Fragen so klar beantwortet, dass keine Zweifel bleiben können. Ob nun ein Gewebe weich oder hart ist, kann doch keine Schwierigkeiten bezüglich der Annahme eines Saftcanalsystemes bedingen, denn das sind ja Begriffe von relativer Bedeutung. In dem einen können ebenso gut präformirte Räume für die Circulation ernährender Flüssigkeiten vorhanden sein, wie in dem anderen, wenn diese Flüssigkeiten nur die umgebenden Begrenzungsmassen nicht quellen oder schrumpfen machen. Und, was den Vergleich noch zutreffender macht, auch in den Saftlücken des Knochens, in den Knochenkörperchen, liegen zellige Elemente eingesargt, deren Form durchaus nicht der Gestalt der Saftlücke entspricht, genau so, wie wir es oben von der Cornea gesehen haben. Besässen wir ein Mittel die Cornea starr werden zu lassen wie Knochensubstanz, ohne dass dabei die Saftcanälchen verändert würden, wir würden dann an trockenen mit Luft gefüllten Schnitten dieser Substanz ungefähr dieselben Bilder erhalten, wie von trockenen Knochenschliffen.

Ich habe nicht ohne Grund mich so ausführlich bei der Frage nach der Existenz der Saftcanälchen und der Saftlücken in der Hornhaut aufgehalten, weil sie entschieden eine der wichtigsten ist, welche sowohl bei der in Rede stehenden Membran, als auch für das ganze Bindegewebe gestellt werden kann. Un-

streitig gehört der Nachweis der den Knochenkörperchen der Autoren entsprechenden Saftcanälchen auch in den weichen Formen der Bindesubstanzen zu den folgenreichsten Entdeckungen der neueren Anatomie, und zwar in doppelter Hinsicht: Einmal kommt durch den Nachweis dieses Canalsystemes erst Klarheit in das Verhalten der zelligen Elemente zur Grundsubstanz: wir erfahren, und werden das gleich weiter zu erörtern haben, dass die ersteren in einem eigenthümlichen Lacunensystem der letzteren liegen, in demselben Lückensystem, in welchem auch der ernährende Gewebssaft kreist. Dann aber lernen wir, dass auch der Gewebssaft nicht in beliebigen Lücken, sondern in eigenthümlichen, für verschiedene Gewebe bestimmt geformten und angeordneten Lücken circulirt, welche Lücken selbst wieder, wie v. Recklinghausen nachgewiesen hat, mit dem Lymph- und dem Blutgefässsystem (?) in nähere Verbindung treten. Da nun die Hornhaut einer der Orte ist, wo das Saftcanalsystem am klarsten, leichtesten und unzweideutigsten zur Anschauung gebracht werden kann, so glaubte ich auch im Interesse der allgemeinen Anatomie hier etwas näher auf diese Dinge eingehen zu sollen. Die Hornhaut ist für mehrere der bedeutendsten Fragen — ich erinnere nur an die Epithel- und Gefässneubildung, die Entzündung, die Bindegewebskörperchen etc. — ein so zu sagen klassisches Untersuchungsobject geworden; ob für alle Fälle mit gleichem Recht, will ich für diesmal dahingestellt sein lassen. Jedenfalls darf sie aber diese Bedeutung für die Lehre vom Saftcanalsystem im vollsten Masse beanspruchen.

§ 9. Den wichtigsten Bestandtheil der Substantia propria corneae bildet der Inhalt des Saftcanalsystems. Abgesehen von zufällig hineingebrachten Dingen, wie Farbstoffkörnchen und dergleichen, besteht derselbe normaler Weise aus dem klaren Gewebssafte, wie wir vorläufig, ohne alles Präjudiz, den flüssigen Inhalt der Canälchen nennen wollen, und aus dreierlei Zellenformen: den Hornhautzellen, den Wanderkörperchen und vereinzelten Pigmentzellen.

Der Verbleib eingeführter körniger Pigmente in der Hornhaut hat ein erhöhtes Interesse durch die neuerdings mit Erfolg vorgenommenen Tättowirungsversuche von Hornhautflecken gewonnen.

Das Pigment kann direct in die Hornhaut überimpft werden, oder durch Einverleibung in den Blutkreislauf zur Hornhaut gelangen. So viel aus den Versuchen v. Recklinghausen's (194) hervorgeht, lagert sich das Pigment vorzugsweise in den Wanderkörperchen ab. Es fand sich aber auch in »grossen, ramificirten, wenig beweglichen Zellen«, an einzelnen Orten auch scheinbar frei. In Bezug auf den letzteren Umstand hat mir v. Recklinghausen jüngst Präparate von dem unteren Lide des Frosches gezeigt, in denen das vorher in den Blutstrom eingebrachte körnige Pigment sich längs der Blutgefässe fein vertheilt frei im Gewebe des Lides fand, ohne an Zellen gebunden zu sein. Unmittelbar am Gefässrande lag es am dichtesten; weiter davon entfernt, sparsamer vertheilt. Daneben fand es sich auch in Zellen.

Die freie Ablagerung des körnigen Pigmentes unter diesen Umständen erscheint bedeutungsvoll mit Rücksicht auf die Frage, auf welchem Wege dasselbe die Blutgefässe verlässt. Man wird solchen Präparaten gegenüber kaum läugnen können, dass dasselbe auch ohne Weiteres die Gefässwände durchdringen kann. Demnach kann man auch aus dem Vorkommen von körnigem Pigment in Gewebszellen nach Injection des Farbstoffes in die Blutbahn keinerlei Schlüsse derart ziehen, dass etwa diese Zellen selbst aus dem Innern der Gefässe abstammten und, mit dem Pigmente beladen, ausgewandert seien.

Der flüssige Inhalt der Saftlücken und Saftcanälchen, welcher dieselben während des Lebens bei der normalen Spannung der Hornhaut stets ausfüllt, muss im Wesentlichen mit dem Inhalte der vorderen Augenkammer übereinstimmen, da die Hornhaut keine eigenen Gefässe besitzt, und der Inhalt der vorderen Kammer fortwährend mit Leichtigkeit durch die Hornhautmasse transsudirt. Ich darf also bezüglich dieser Flüssigkeit, der in letzter Instanz die Zufuhr der ernährenden und die Abfuhr der verbrauchten Substanzen zufällt, auf den betreffenden Abschnitt dieses Handbuches verweisen. Dieselbe hat übrigens alle Charactere einer serösen Flüssigkeit.

Streift man einem lebenden Thiere, Frosch z. B., mit einer Staarnadel das Hornhautepithel ab, so erscheint darunter die frisch blossgelegte Grundsubstanz der vorderen Cornealfläche andauernd feucht; bei grösseren Thieren tritt auf Druck Feuchtigkeit in sehr kleinen, jedoch mit freiem Auge sichtbaren Mengen hervor, wie bereits WINSLOW (252) bemerkt. LAQUEUR (135) hat gezeigt, dass auch ohne jeglichen Druck an herausgenommenen Augen ein steter Flüssigkeitsstrom von der vorderen Kammer nach der Oberfläche der Cornea vordringt. Er wies das nach durch Einspritzung von Ferrocyankaliumlösung sowohl in das Hornhautgewebe selbst, als auch in die vordere Kammer. Im ersten Falle trat die Flüssigkeit an der vorderen Hornhautfläche (nach 2—5 Minuten) und auch auf der Descemet'schen Membran vor (nach 5—15 Minuten). Zum Nachweise der Flüssigkeit auf der vorderen Fläche muss das Epithel entfernt werden, da letzteres sich als impermeabel für die verwendeten Fluida erwies. Bleibt es erhalten, so trocknet die Hornhautoberfläche (das Epithel) einfach ein und lässt keine Flüssigkeit durchdringen; nimmt man es fort, so bleibt, wie bemerkt, die nunmehr blossliegende Grundsubstanz der Cornea, auch der Luft ausgesetzt, immer feucht. Nach Wegnahme des Epithels dringt aufgetröpfelte Ferrocyankaliumlösung bei Kalbs-, Schweins- oder Rindsaugen in ½—1 Stunde bis in das Kammerwasser vor. Dabei ergab sich das interessante Resultat, dass die peripherischen Partieen der Hornhaut viel leichter durchgängig sind, als die centralen. Beim lebenden Auge hat das Epithel keine so absolut absperrende Wirkung, wie der rasche Effect der Atropinlösungen beweist, welcher indessen nach LAQUEUR's Versuchen auch an der Leiche noch eintritt.

Diese Versuche zeigen, dass ein steter Diffusionsstrom von Flüssigkeiten durch die Hornhaut stattfinden muss. Die Einrichtung des Saftcanalsystems erklärt denselben zur Genüge. Dass die Saftcanälchen, wie vorhin erwähnt wurde, bei Silberpräparaten am Rande der Hornhaut immer am schönsten auftreten, dürfte sich nach diesen Versuchen, abgesehen von der geringeren Insultation, welcher sie an dieser Localität bei der Abpinselung und Silberbehandlung ausgesetzt sind, zum Theil auch daraus erklären, dass sie in dieser Region am besten entwickelt sind. — Ich komme weiter unten noch mit ein paar Worten auf den flüssigen Inhalt der Saftlücken zurück. [1])

§ 10. Eines der am meisten controversen Gebilde der Hornhaut sind die dieser Membran, und zwar ihrer Substantia propria, eigenthümlichen Zellen, die Hornhautzellen, welche COHNHEIM im Gegensatze zu den Wanderzellen »fixe Hornhautzellen« benannt hat.

Ich vermeide den früher und auch jetzt noch viel gebrauchten Namen »Hornhautkörperchen« oder »Hornhautkörper« aus mehrfachen Gründen. Einmal kann das, was man bisher

[1]) In einer mir erst bei der Revision der Druckbogen zugekommenen Abhandlung (143 a) hat LEBER, gestützt auf zahlreiche interessante Versuche, das Hervordringen von Flüssigkeiten durch die Hornhaut in Tröpfchenform für eine cadaveröse Erscheinung erklärt. So lange das Endothel der Membrana Descemetii intact sei, komme eine merkliche Transsudation von der vorderen Kammer aus nicht vor. LEBER hat auch die bezügliche Literatur ausführlicher mitgetheilt.

als »Toynbee-Virchow'sche Hornhautkörperchen« bezeichnet hat und vielfach ohne Weiteres mit den wirklichen Hornhautzellen zu identificiren pflegt, nicht immer dafür gehalten werden, da es mitunter schwer zu entscheiden ist, ob bei dem gegenwärtigen Stande der Sache irgend ein Autor, wenn er von einem Hornhautkörperchen spricht, die wirklichen Hornhautzellen, oder die strahligen Saftlücken meint. Im weiteren Verlaufe der Darstellung wird darüber ausführlicher gehandelt werden. Ich sehe ferner keine Nöthigung ein, von dem alten Namen »Zellen« abzugehen, und, wie das gegenwärtig Modesache zu werden scheint, dafür überall den Namen »Körperchen« zu gebrauchen. Wenngleich seit dem Sturze des Schwann'schen Zellenschemas durch Beale, Brücke und Max Schultze der Name »Zellen« für die damit belegten Gebilde nicht mehr recht passt, so ist dennoch diese Bezeichnung die bequemste und unzweideutigste von allen. Ich ziehe es daher vor, überall, wo ich das, »was man eine Zelle zu nennen hat« meine, auch den Namen »Zelle« zu gebrauchen, und lieber den Ausdruck »Körper« oder »Körperchen« für solche Dinge in der Histologie vorläufig zu verwenden, die ihrer Form und Grösse nach diesen Namen vertragen, und deren Deutung noch nicht sicher ist.

Die Untersuchung der Hornhautzellen ist ein Gegenstand von der höchsten Wichtigkeit. Fast jedesmal, wenn es eine Frage über das Wesen der Bindegewebszellen und ihr Verhalten bei pathologischen Processen zu erörtern gab, recurrirte man auf die Hornhautzellen als entscheidendes Object, und so haben diese Zellen dann alle Phasen der Lehre von den Bindegewebskörperchen mit durchgemacht; ja man kann vielmehr sagen, die Auffassung, welche man von den Hornhautzellen gewann, dominirte in der Lehre von den Bindegewebszellen überhaupt. Auch die letzte Modification, welche durch Ranvier's Beobachtungen für die gewöhnliche Gestalt der fertigen Bindegewebszellen jüngsthin acceptirt wurde, ist bereits von Schweigger-Seidel auf die Hornhaut übertragen worden. Ich verweise in dieser Beziehung auf den geschichtlichen Abriss am Ende dieses Abschnittes um den Gang der Darstellung hier nicht zu unterbrechen.

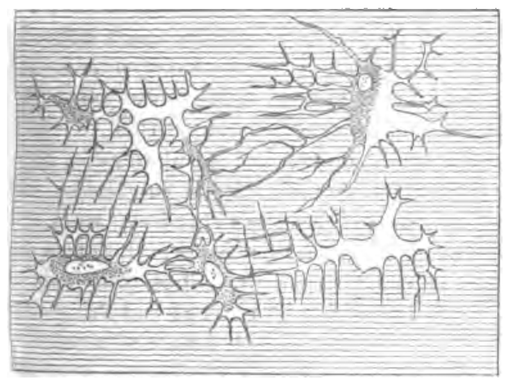
Halten wir uns zunächst an das einzige hier massgebende Object, an die unmittelbar nach dem Tode im Kammerwasser desselben Bulbus ohne alle Zerrung, Dehnung und Quetschung untersuchte Hornhaut, so ist schon geschildert worden — § 7. —, wie in derselben mattglänzende sternförmige Figuren mit äusserst reichverzweigten anastomosirenden Ausläufern erscheinen. Das ist das Einzige, was man an der frischen Hornhaut zu Anfang überhaupt wahrnimmt. v. Recklinghausen (194) hat es zuerst, wenn auch noch nicht ganz vollkommen, abgebildet. Die richtige Interpretation dieser Figuren ist das *punctum saliens* bei der ganzen Lehre von den Hornhautzellen. Es fragt sich, sind dies die Hornhautzellen selbst, oder die Saftlücken mit ihren Ausläufern? Ich habe vorhin schon — § 7. — diese Figuren als die mit lymphatischer (seröser) Flüssigkeit mehr oder minder prall gefüllten Saftlücken gedeutet, da man die eigentlichen Hornhautzellen erst innerhalb dieser Figuren liegen sähe. Das haben wir nun hier weiter zu discutiren.

In der That sieht man nach geringer Frist, welche durch gute Linsen und sorgfältige Beleuchtung noch verkürzt werden kann, in den hellen Zeichnungen, in denen die verästelten Fortsätze zusammenfliessen, dunklere Körper vom Aussehen höchst fein granulirter Protoplasmamassen liegen, in denen stets ein oder 2 Kerne bemerkt werden. Diese Protoplasmamassen nehmen nur die eine oder die andere Seite oder Ecke der zackigen Gebilde ein, welche man zuerst zu Gesicht bekommt, fast niemals füllen sie den ganzen zackigen Raum nebst dessen Fortsätzen aus.

Es kann meines Erachtens keinem Zweifel unterliegen, dass man nach die-

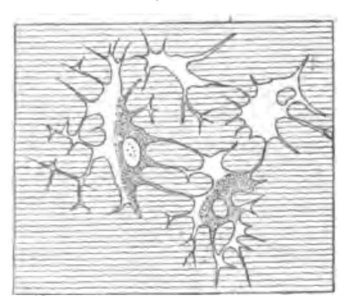
sen von Jedem leicht zu constatirenden Thatsachen die zuerst sichtbaren zackigen Gebilde mit ihren Ausläufern für die Saftcanälchen der Hornhaut erklären muss, während die in ihnen eingeschlossenen Protoplasmakörper mit Kern, soweit an ihnen keine Bewegungen wahrgenommen werden, die fixen Hornhautzellen darstellen. Es mag hier gleich bemerkt werden, dass man in einzelnen der hellen zackigen Saftlücken auch die früher bereits erwähnten Wanderkörperchen erblickt, die an frischen Präparaten meist in lebhafter Bewegung begriffen sind. Figg. 9 und 10 erläutern die eben geschilderten Verhältnisse. Man sieht die scharf gezeichneten Umrisse der Saftlücken und der Saftcanälchen, und in

Fig. 9.



Stück der Froschcornea frisch in Kammerwasser. Saftlücken- und Canälchensystem. Fünf Hornhautzellen in fünf verschiedenen Lücken, zum Theil mit deutlich sichtbaren Kernen. Die Lücken werden von den Hornhautzellen nicht ausgefüllt. (Hartnack, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben).

Fig. 10.



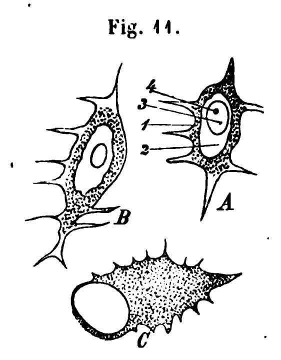
Von einer menschlichen Cornea eine Stunde nach dem Tode in Kammerwasser untersucht. Vier grössere anastomosirende Saftlücken, 2 davon mit Hornhautzellen; letztere füllen die Lücken nicht aus. (Hartnack, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben).

einzelnen Lücken die matten, wenig distinct abgegrenzten Protoplasmakörper mit ihren Kernen, wie sie am ganz frischen Präparate erscheinen. — Keine noch so gut ausgeführte Zeichnung vermag die Zartheit und Zierlichkeit dieser Bilder wiederzugeben; kein Reagens vermag diese Bilder, wie sie die frisch in der feuchten Kammer eingeschlossene Hornhaut zeigt, im Entferntesten zu verbessern. Ich bin von allen Methoden: Färbung, Behandlung mit Joddämpfen, (Rollett, 195), Einlegen in einen Lymphsack oder in eine Nickhauttasche bei den Fröschen — immer wieder zum einfachen frischen Präparate der feuchten Kammer zurückgekehrt. Von solchen Präparaten darf man auch den wichtigsten Aufschluss über das Verhalten der lebenden Hornhautzellen erwarten.

Dass in der That jene scharf begrenzten strahligen Figuren dem v. Recklinghausen'schen Saftcanälchensystem entsprechen, geht aus mehreren Gründen zur Evidenz hervor. Zunächst ist hier die vollkommene Uebereinstimmung mit den Silberfiguren — man vergleiche Fig. 3 u. 5 mit 9 und 10 — zu erwähnen, dann muss das Fortbewegen der Wanderkörperchen in diesen zackigen Figuren betont werden, und endlich zeigen frische wie gefärbte Präparate, dass, wie soeben beschrieben, Protoplasmakörper mit Kernen, und, wie ich gleich, um alle Zweifel zu beseitigen, auch noch anführen will, vielfach auch mit Kernkörperchen, in diesen zackigen Räumen liegen, welche sie nur zur Hälfte bis höchstens zu $\frac{3}{4}$ ausfüllen, sobald die Saftcanälchen ihre normale Füllung haben.

Ausser diesen kernhaltigen Protoplasmakörpern, welche wir von jetzt ab als »Hornhautzellen« bezeichnen können, und vereinzelten Wanderzellen, findet sich in jenen hellen Saftlücken mit ihren Ausläufern eine im frischen Zustande vollkommen klare, eiweisshaltige Flüssigkeit. Das geht daraus hervor, dass einmal jene zackigen Körperchen, sobald Verhältnisse eintreten, welche der Hornhaut Flüssigkeit entziehen, collabiren und eine spindelförmige Gestalt annehmen — die sogenannten spindelförmigen Hornhautzellen sind daher alles Kunstproducte — und dass ferner alle jene Reagentien, welche in eiweisshaltigen Flüssigkeiten Gerinnsel erzeugen, diese auch in den Saftlücken und in den Saftcanälchen zu Wege bringen. Dieses letztere Verhalten muss uns zur grössten Vorsicht mahnen bei der Beurtheilung aller Hornhautpräparate, welche nicht frisch, ohne alle Reagentien zur Beobachtung kommen. Wie leicht kann ein feiner körniger Niederschlag im Innern eines Saftcanälchens für einen feinen Protoplasmafaden genommen werden? Ich komme hierauf weiter unten bei der Besprechung der Goldchloridpräparate zurück.

Fig. 11.



A und *B* Saftlücken mit darin enthaltenen Hornhautzellen vom Stier, Carminpräparat. (Hartnack VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben). 1) dünne, zartgranulirte Zellplatte. 2) lebhaft tingirter grosser kernähnlicher Theil der Zelle. 3) Kern. 4) Kernkörperchen. *C* Isolirte platte Hornhautzelle vom Menschen. Kern und zarte mit kleinen Fortsätzen versehene Protoplasmaplatte. (Hartnack X, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.)

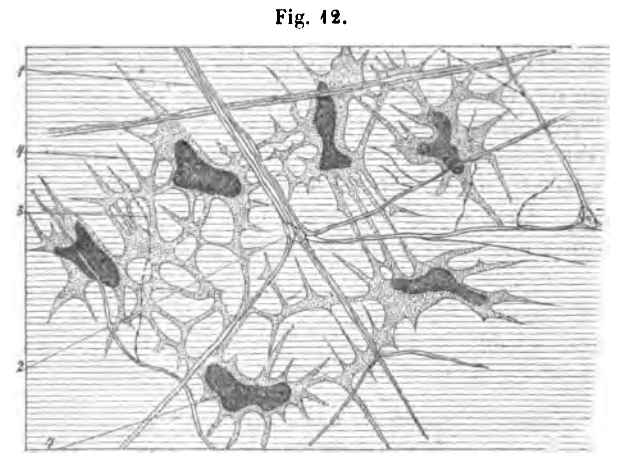
Bekommt man die frischen Hornhautzellen innerhalb der Saftlücken von der Fläche zu Gesicht, oder gelingt es, sie aus dem frischen Präparat, aus Müller'scher Flüssigkeit, dünnen Chromsäure-Lösungen und aus anderen wenig eingreifenden Flüssigkeiten zu isoliren, so zeigen sie sich stets als g a n z d ü n n e, a b g e p l a t t e t e G e b i l d e m i t w e n i g e n u n d k u r z e n F o r t s ä t z e n, K e r n u n d m e i s t e n s a u c h m i t K e r n k ö r p e r c h e n. Fig. 11 *C* zeigt eine isolirte Hornhautzelle vom Menschen ohne Kernkörperchen. Vielfach sind die Randsäume des dünnen schleierartigen Zellkörpers ganz homogen; stets aber findet sich um den Kern bei allen Hornhautzellen noch eine gewisse Menge feinkörnigen Protoplasmas, wie es Grünhagen (Arch. für mikrosc. Anat. IX) neuerdings auch an den platten Sehnenzellen nachgewiesen hat.

Die Kerne der frischen Hornhautzellen erscheinen meist rundlich oder elliptisch, im Verhältniss zum Zellkörper nicht von auffallender Grösse, leicht granulirt oder schwach glänzend. Die Figuren 9, 10 und 11 mögen davon eine Anschauung geben. Kernkörperchen sind in einfacher oder doppelter Zahl in vielen frischen Hornhautzellen zu sehen, nicht jedoch in allen, wie Lipmann nach Goldpräparaten behauptet hat.

Ueber die Beschaffenheit der Kerne und Kernkörperchen der Hornhautzellen weichen die vorhandenen Angaben und Zeichnungen der verschiedenen Autoren sehr ab, wie sich aus dem Vergleiche derselben, z. B. Kühne's, Hoyer's und Rollett's ergibt. Kühne zeichnet vielfach einen deutlichen doppelten Contour um den Kern, den ich stets vermisste; auch in Rollett's Zeichnungen sucht man ihn vergebens. Sehr sonderbar sind die grossen, mannichfaltig gestalteten kernähnlichen Gebilde, wie sie an Goldpräparaten (Fig. 12), aber auch an Hämatoxylin- und Carminpräparaten vielfach hervortreten, und in den bisher mitgetheilten Zeichnungen überall ohne Weiteres als die Kerne der Hornhautzellen eingeführt worden sind.

Sind die Kerne der Hornhautzellen nun in der That so sehr wechselnde Gebilde, oder ist die Deutung dessen, was man Kern zu nennen habe, bei den Hornhautzellen nicht ganz sicher, oder liefern uns die Reagentien, namentlich das vielfach angewendete Goldchlorid, Kunstproducte? Mir ist so viel sicher, dass in den frischen Hornhautzellen die Kerne erheblich kleiner erscheinen, als in den Goldchloridpräparaten. Auch an Tinctionspräparaten mit Carmin und Hämatoxylin ist nicht alles, was dunkel gefärbt erscheint, ohne weiteres als Kern anzusehen. Ich unterscheide an der fixen Hornhautzelle die zarte fast homogene Zellplatte, welche meist keine Körnung mehr zeigt, dann den Protoplasmatheil, in welchem der Kern liegt, und das Kernkörperchen, welches nicht immer deutlich auftritt, wenn es aber zu sehen ist, als kleiner kugliger Körper erscheint. Der Protoplasmatheil der Hornhautzelle nimmt oft in der Nähe des Kernes die tief dunkle Färbung des letzteren an, und viele der grossen getheilten Kerne, die in den jetzt so zahlreich vorliegenden Hornhautzeichnungen abgebildet sind, mögen so vorgetäuscht sein. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Fig. 11 *A* und *B*, wo in einer grossen hell gezeichneten (am Präparat dunkel gefärbten) Platte, die auf den ersten Blick der Kern zu sein scheint, der letztere erst bei scharfer Einstellung als besonderer Körper zum Vorschein kam. Die Goldchloridpräparation scheint mir fast immer eine Quellung des Kernes hervorzubringen. — Es mag hier gleich eingeschaltet werden, dass sowohl Goldchlorid- als Carmin- und Hämatoxylinpräparate stets Bilder zur Anschauung bringen, welche an ein continuirliches, das ganze Saftcanalsystem ausfüllendes protoplasmatisches Zellennetz glauben lassen. S. Fig. 12. — Auch noch auf andere Weisen können Bilder eines protoplasmatischen continuirlichen Zellennetzes, wie es von Kühne (129), Engelmann (56), Stricker (229) und Rollett (206) angenommen wird, entstehen. So z. B. wenn die Saftcanälchen, in denen die Hornhautzellen liegen, collabiren, was immer eintritt, wenn die Hornhaut mit eingreifenden Reagentien behandelt wird, oder zu lange Zeit nach dem Herausschneiden untersucht wird. Die von Rollett (206) empfohlenen Joddämpfe gehören sicher zu den eingreifenden Reagentien, und das Protoplasmanetz, welches Rollett (206) in seiner Figur 379 zeichnet, gehört einer Froschcornea an, welche 24 Stunden hindurch in einer Nickhauttasche aufbewahrt worden war. Solche Bilder stehen aber in directem Widerspruche mit den so eben geschilderten Befunden an der frischen Cornea. Die letzteren können aber begreiflicher Weise die einzig massgebenden sein. Zudem ist zu erwägen, wie leicht durch das Goldsalz in der lymphatischen Flüssigkeit, welche die feinen Saftcanälchen durchsetzt, Niederschläge erzeugt werden können; dasselbe gilt vom Carmin und Hämatoxylin. Ueberhaupt werden an gefärbten Präparaten feine Canälchen leicht dunkler erscheinen, sobald nicht etwa die Grundsubstanz intensiv tingirt ist. Ich bin in alle

Fig. 12.



Gröbere und feinere Nervenvertheilung in der Substantia propria des Frosches. Verhältniss der Nerven zu den Hornhautzellen. Goldchlorid-Präparat. (Hartnack, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) 1) Nervenstamm aus mehreren marklosen Axencylindern zusammengesetzt. 2) Theilungsstelle mit anliegender Zelle. 3) Feinste variköse Axenfibrille mit scheinbar freiem Ende. 4, 4) Das Saftlückensystem der Cornea, nach Goldchloridbehandlung wie mit einem Protoplasmanetz vollkommen ausgefüllt erscheinend. In den grösseren Lücken die grossen kernähnlichen Gebilde, wie sie nach Goldchloridbehandlung vortreten.

diese Details eingegangen, weil man, wie es mir scheint, in jüngster Zeit den Goldchloridpräparaten zu viel traut, und weil, wie schon hervorgehoben wurde, die Hornhaut eines der hauptsächlichsten Untersuchungsobjecte für die Entscheidung der wichtigsten Fragen geworden ist. Hier ist die minutiöseste Detailkenntniss von Werth, und dass diese Kenntniss noch nicht weit genug gediehen ist, zeigen eben die grossen Verschiedenheiten in den Beschreibungen und in den Abbildungen.

§ 11. Die Wanderkörperchen sind, wie v. Recklinghausen (194) nachgewiesen hat, ein constanter Befund in der Hornhaut; die Locomotionsbewegung dieser Körperchen überhaupt wurde von dem genannten Forscher in der Hornhaut zuerst entdeckt und in ihrer hohen Bedeutung für die Gewebsphysiologie und die gesammte Pathologie hingestellt. An frischen Hornhäuten tauchen von allen zelligen Elementen der Grundsubstanz zuerst die stärker glänzenden und dunkler gekörnten Wanderkörperchen auf. Am leichtesten sieht man sie in der Hornhaut des Frosches, wenn dieselbe eine kurze Zeit (5—15 Minuten) unter Serum in der feuchten Kammer aufbewahrt war. Dass man bei diesen Untersuchungen jeglichen Druck vermeiden muss, ist selbstverständlich. Man kann sich, um die Wanderkörper etwas mehr agil zu machen, mit Vortheil des erwärmten Objecttisches bedienen, den man bis zu 36—40° heizt. Ich fand betreffs ihres Verhaltens in der Hornhaut die Angaben von v. Recklinghausen und Genersich bestätigt, denen gemäss sie sich ausschliesslich in den Saftcanälchen fortbewegen. Auch in den Nervenbahnen kommen sie vor; diese hängen ja aber, wie weiter unten näher zu besprechen ist, mit den Saftcanälchen zusammen.

Genersich (67) brachte versilberte Hornhäute für einige Zeit wieder in die Nickhauttaschen von Fröschen zurück; es zeigte sich dann, dass die Wanderkörper in grosser Zahl sich in den durch das Silber sichtbar gemachten Lücken und Canälchen angehäuft hatten, und sich in diesen Bahnen, aber auch nur in diesen, umherbewegten.

Selbstverständlich unterscheiden sich die Hornhautwanderkörper in Nichts von den Wanderzellen der übrigen Körpergegenden, weshalb ich auf eine genauere Schilderung dieser allgemein bekannten Gebilde nicht eingehe. Die Unterschiede von den (fixen) Hornhautzellen ergeben sich auch ohne Weiteres aus der geringeren Grösse der den farblosen Blutkörperchen gleichenden Wanderzellen, ihrer stets wechselnden Form, ihrem stärkeren Glanz, ihrer Locomotion. Ihre Zahl ist nicht genau zu fixiren, da sie jedenfalls noch innerhalb der normalen Breite grossen Schwankungen unterliegen kann. Für gewöhnlich findet man beim Frosch etwa 5—6 bewegliche Zellkörper dieser Art in einem Gesichtsfelde.

§ 12. Zur vollen Klarstellung der so wichtigen Frage nach der Beschaffenheit der Hornhautzellen und nach ihrem Verhältnisse zum Saftlückensystem ist eine etwas ausführlichere historische Darlegung unerlässlich. Wir werden dann am besten diejenigen Fragen zuzuspitzen lernen, um deren Beantwortung es sich bei dem heutigen Stande der Dinge in erster Linie handelt.

Die frühesten für unsere Zeit noch verwerthbaren Angaben betreffs der zelligen Elemente in der Hornhaut treffen wir bei Valentin (240), Henle (83) und Pappenheim (183). Damals wurden diese Gebilde einfach als Kerne aufgefasst. Pappenheim (183) z. B. (p. 55) fand beim Rinde »in den Fasern lange Nuclei« und sagt dann weiter, p. 58, »dass er die Faserbündel der

Cornea ihrer Länge nach von spitzovalen Nucleis besetzt« sähe. Eine zutreffendere Darstellung geben HUSCHKE (Eingeweidelehre) und TOYNBEE (237), welche die späteren Angaben von VIRCHOW und DONDERS vorbereiten. HUSCHKE spricht von Körperchen mit büschelweise abgehenden Fäden, die er den von ihm sogenannten kreideweissen Körperchen der Sklerotica vergleicht. — In wie weit TOYNBEE seine Hornhautkörperchen bereits als anastomosirende Hohlgebilde auffasst, zumal er sie mit den Knochenkörperchen vergleicht, vermag ich, da ich die Originalarbeit nicht von Neuem einsehen konnte, — die Londoner Philosophical Transactions fehlten beim Abschlusse meines Manuscripts in der Strassburger Bibliothek — nicht zu bestimmen.

Mit den Untersuchungen von VIRCHOW (244) und DONDERS (42) über die Bindegewebszellen (Bindegewebskörperchen) im Allgemeinen und speciell mit den aus VIRCHOW's Laboratorium hervorgegangenen Arbeiten von HIS (94) und STRUBE (232) über die Cornea kam die Angelegenheit in ein neues Stadium, und seit dieser Zeit tritt auch die Cornea bei fast allen Arbeiten über die Bindesubstanzen als das Hauptuntersuchungsobject in den Vordergrund. In der Arbeit von HIS ist der von VIRCHOW damals und der Hauptsache nach auch noch jetzt (cf. Cellularpathologie 4. Auflage Cap. VII) eingenommene Standpunct am schärfsten formulirt. Statt der bisher beschriebenen Kerne werden kernhaltige Zellen im Gewebe der Hornhaut eingeführt, welche, von der Kante gesehen, (also auf Durchschnitten) spindelförmig, von der Fläche gesehen, sternförmig erscheinen. Die bekannten in der Hornhaut auf allen Präparaten auftretenden und soeben geschilderten sternförmigen Figuren (die Toynbee'schen Körperchen) sind nach VIRCHOW eben diese Zellen selbst. Diese Zellen senden Fortsätze nach allen Ebenen aus, mittelst derer sie unter einander anastomosiren. Lag der eine wichtige Fortschritt, der von VIRCHOW in der Hornhautzellen- und Bindegewebszellenfrage geschah, in dem Nachweis persistirender wirklicher »Zellen« in dem reifen Gewebe, so ist als ein zweiter die Auffassung anzusehen, dass diese Zellen sowohl, wie ihre Ausläufer im Inneren hohl seien, und demnach die Hornhaut, so wie auch alle Bindesubstanzen von einem reichverzweigten anastomosirenden Zellen-Canalnetze durchzogen seien. — Die hohle Zelle mit ihren hohlen Ausläufern hat freilich bald in Folge der Arbeiten von HENLE, MAX SCHULTZE, v. RECKLINGHAUSEN und E. NEUMANN fallen müssen, doch ist das anastomosirende Canalsystem, das Wichtigste an der Sache, geblieben, wenngleich in anderer und zur Zeit auch noch controverser Gestalt[1]).

HENLE (85, 86) trat von vorn herein der Virchow'schen Auffassung, dass die sternförmigen in der Hornhaut (und auch in der Sehne) sichtbaren Figuren selbst die Zellen seien, mit aller Entschiedenheit und überzeugenden Argumenten entgegen. Diese sternförmigen Figuren seien Lücken, d. h. die Interstitien zwischen den Fibrillenbündeln bei der Sehne, zwischen den von HENLE angenommenen Lamellen bei der Hornhaut. Erst in diesen sternförmigen Lücken müsse man die zelligen Elemente suchen. In Bezug auf letztere kommt aber HENLE nicht zum richtigen Resultate. Wie früher bereits an vielen Stellen in seinen bekannten Jahresberichten (85, 86), so kommt er auch in seiner letzten Publication über diesen Gegenstand (84), ebenso wie CLASSEN (31), nicht darüber hinaus, dass die in den Lücken enthaltenen körperlichen Elemente Kerne seien. Die Toynbee'schen sternförmigen Körper erklärt er für identisch mit seinen einfachen Interlamellarlücken; freilich will er nicht entscheiden, ob diese Hohlräume — seine Interlamellarlücken und die Toynbee'schen sternförmigen Körperchen — nicht etwa doch genetisch einer Zelle entsprächen. — Wir haben gesehen, dass HENLE Recht hat, wenn er die

---

[1]) Uebrigens spricht VIRCHOW selbst an einzelnen Stellen (244) sich dahin aus, dass in der Grundsubstanz des Bindegewebes »Lücken, Höhlen oder Lacunen vorhanden seien, in denen, wie in den Knochen- und Knorpelhöhlen, Zellen eingeschlossen seien«. Er legt aber stets den Hauptnachdruck darauf, dass diese Zellen selbst hohl seien und ein anastomosirendes Canalsystem bildeten. v. RECKLINGHAUSEN (195) p. 50 u. 51 hat bereits darauf hingewiesen, dass auf diese Weise im Bindegewebe zwei congruente ineinander geschachtelte Canalsysteme herauskämen, das anastomosirende Lückensystem und das darin enthaltene hohle anastomosirende Zellensystem. Das letztere muss aufgegeben werden.

sternförmigen Körperchen als Lücken betrachtet, dass er aber irrt innerhalb dieser Lücken als persistente körperliche Elemente nur Kerne anzunehmen.

Einen starken Stoss erhielt die Virchow'sche Auffassung der Hornhautzellen als anastomosirender Hohlkörper durch die Arbeiten von Max Schultze und von v. Recklinghausen. Max Schultze, und mit ihm gleichzeitig Brücke und Beale, zeigten, dass man von dem Schwann-schen Zellenschema, als seien die Zellen Bläschen mit Flüssigkeit gefüllt, abgehen müsse, und begründeten damit einen der grössten Fortschritte der neueren Histologie. Durch diese nunmehr wol allgemein acceptirte Auffassung wurde die Annahme eines hohlen Zellennetzes schwierig. Schwieriger noch liess sich dasselbe den Untersuchungen von v. Recklinghausen's (194, 195, 196) gegenüber vertheidigen. v. Recklinghausen wies, wie vorhin genauer erörtert, mit der Silberbehandlung und mit der Injection nach, dass die sternförmigen Figuren, welche man in der Hornhaut sieht, Gewebs-Lücken mit zahlreichen kleinen canalförmigen anastomosirenden Ausläufern sind. Er weicht in seiner Darstellung von Henle darin ab, dass er diese seine Saftlücken nicht als beliebige blosse Interstitien zwischen den Lamellen der Hornhaut, sondern als ein selbständiges, in die Kittsubstanz der Hornhaut eingegrabenes Canalsystem ansieht, welches von der Anordnung der Hornhautlamellen und Fibrillenbündel nicht abhängig ist; ferner darin, dass diese Lücken nicht blosse Kerne, sondern kernhaltige Zellen enthalten, welche letzteren aber dieses Canalsystem keineswegs vollständig ausfüllen. Als besonders wichtig ist endlich der Nachweis der beweglichen Wanderkörperchen hervorzuheben, welche in den Saftlücken und deren Ausläufern fortkriechen. Es wurde damit auch erst eine genauere Bestimmung der (fixen) Hornhautzellen selbst ermöglicht.

Als letzte Zuflucht war den Anhängern des cellularen Canalsystems immer noch die durch Mineralsäuren zu bewerkstelligende Isolirbarkeit sternförmiger Körperchen aus der Hornhaut geblieben. Namentlich hatten sich Hoppe-Seyler, His, H. Müller, A. Foerster u. A. erfolgreich in dieser Richtung beschäftigt. Man glaubte damit ohne Weiteres die Identität der sternförmigen Hornhautfiguren mit Zellen dargethan und somit die Existenz anastomosirender Hohlzellen wahrscheinlich gemacht zu haben. Die Erfahrungen E. Neumann's (Ein Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes. Leipzig 1863.) haben diesen Isolirungsresultaten die Beweiskraft entzogen. Neumann zeigte, dass man aus Knochen- und Zahnbeinsubstanz selbst nach langer Maceration, nach längerem Kochen in kaustischen Alkalien, noch röhrenförmige (im Zahnbein) und sternförmige Gebilde (im Knochen) isoliren könne, genau ebenso gut, wie aus dem frischen Knochen. Er zog daraus den Schluss, dass die isolirten sternförmigen Gebilde unmöglich Zellen sein könnten, da solche erfahrungsgemäss überall durch das Kochen in Alkali und die Maceration zerstört würden. Was aber für den Knochen gilt, darf als höchst wahrscheinlich auch für die aus weichen Bindesubstanzen durch Säuren isolirbaren Gebilde angenommen werden. Man vergleiche das vorhin bei Besprechung der eigenen Wandungen des Saftcanalsystems Bemerkte (§ 8).

Auf die v. Recklinghausen'schen Untersuchungen folgten die Arbeiten von Kühne und Engelmann, welche Beide sich wesentlich an die frische Cornea hielten. Kühne (129) folgt der Anschauung von v. Recklinghausen's insofern, als er vollständige Hornhautzellen mit Protoplasmaleib, Kern und Kernkörperchen innerhalb sternförmig verzweigter Saftlücken annimmt, weicht jedoch darin ab, als er durch das Zellenprotoplasma das Saftcanalsystem vollständig ausgefüllt sein lässt. Wir würden auf diese Weise ein die ganze Cornea durchziehendes protoplasmatisches Netzwerk erhalten, neben dem für die Circulation lymphatischer Flüssigkeiten kein Raum mehr vorhanden wäre; die Saftlücken und Canälchen erschienen gleichsam nur als die Matrizen dieses soliden Zellennetzes. — Besondere Aufmerksamkeit verwendete Kühne auf das Studium der Beweglichkeit der eigentlichen (sog. fixen) Hornhautzellen und auf den Zusammenhang der Hornhautnerven mit diesen Zellen, welchen er überall nachweisen zu können glaubte. Beide Puncte kommen weiter unten zur Erörterung.

Mehr noch als Kühne entfernt sich Th. W. Engelmann (56) von der Auffassung v. Recklinghausen's. Seinen Beobachtungen zu Folge gibt es keine selbstständigen Saftlücken und Saftcanälchen in der Hornhaut, welche Kühne, wenn auch ganz und gar mit dem Protoplasma-

netz erfüllt, noch anerkannt hatte. Die Hornhautzellen liegen einfach in beliebigen Interstitien der Fibrillenbündel, aus denen das Cornealgewebe besteht und füllen dieselben ganz aus. Ihre Ausläufer bilden ein durch die ganze Hornhaut anastomosirendes protoplasmatisches Netzwerk. Da, wo letzteres fehlt, liegt zwischen den Fibrillen eine Flüssigkeit. Die Wanderkörperchen wie die Gewebsflüssigkeit bewegen sich daher auch nicht in präformirten Räumen, sondern müssen sich ihre Wege selbst suchen und graben, indem z. B. die Wanderzellen die Fibrillen auseinander drängen. Die wichtigen Consequenzen der Lehren KÜHNE's und ENGELMANN's leuchten hiernach ein. Es ist ein bedeutender Unterschied, ob das Lückensystem in der Hornhaut, sei es nun ein selbstständig präformirtes, oder seien es die beliebigen Interstitien der Fibrillen, ganz oder nur zum Theil von Zellprotoplasma ausgefüllt wird, ob die Gewebsflüssigkeit in bestimmten Bahnen sich fortbewegt, oder nicht. Auch ist hervorzuheben, dass KÜHNE's Lehre von der Endigung der Hornhautnerven in den Hornhautzellen aufs Innigste mit der Existenz eines vollständig alle Lücken ausfüllenden Protoplasmanetzes verknüpft ist.

Inzwischen hatte RANVIER uns das allgemeinere Vorkommen einer Zellenform auch im Innern bindegewebiger Organe kennen gelehrt, welche man bis dahin nur von der endothelialen Auskleidung der serösen Cavitäten und der Gefässräume gekannt hatte, die abgeplattete Form, bei der der grösste Theil des Zellenprotoplasmas in eine äusserst dünne homogene Platte verwandelt ist, während nur ein minimaler Theil desselben um den Kern persistirt. Während RANVIER hauptsächlich die Sehnen und das Unterhautzellgewebe zum Gegenstand seiner Untersuchungen machte, haben SCHWEIGGER-SEIDEL, SCHWALBE, MICHEL, BOLL, FLEMMING u. A. jene platten Zellen auch in anderen Bindesubstanzgeweben angetroffen, Ersterer besonders in der Hornhaut, SCHWALBE und MICHEL auch in den andern Augenhäuten, namentlich in der Sklera. Nach der Beschreibung SCHWEIGGER-SEIDEL's (222) sind die in dem Lückensystem der Hornhaut eingelagerten zelligen Elemente »äusserst zarte gebogene oder gefaltete kernhaltige Platten. Die Substanz dieser Platten ist glashell, ohne Einlagerung von Körnchen, und, wie die mitunter stark in den Vordergrund tretenden Faltungen beweisen (?) von mehr elastischer Beschaffenheit. Die Kerne sind oval, bisweilen stark in die Länge gezogen oder unregelmässig eingebuchtet. Auch zwei, alsdann meist kleinere, dichter an einander liegende Kerne können einer Zelle angehören. Das fast immer scharf markirte Kernkörperchen ist einfach oder doppelt vorhanden.« SCHWEIGGER-SEIDEL macht darauf aufmerksam, wie alle diese Eigenthümlichkeiten auch den als Endothelien bekannten zelligen Elementen der serösen Räume zukommen. Es muss hier übrigens erwähnt werden, dass bereits früher HOYER (98) in einer sehr beachtenswerthen Abhandlung platte Zellenformen aus der Hornhaut beschrieben hatte. — In manchen Hornhautlücken liegen nach HOYER und SCHWEIGGER-SEIDEL auch mehrere solcher Zellen neben einander und stossen dann wie Endothelien mit breiten Rändern aneinander. So erklären sich nach HOYER die vielfach in den negativen hellen Silberfiguren auftretenden dunklen Linien als durch das Silber markirte Zellengrenzen. Einzeln liegende Zellen zeigen 3—5 schmale brückenartige Fortsätze, wodurch sie sich mit benachbarten Zellen verbinden. — Das, worauf es bei der Schweigger-Seidel'schen Darstellung am meisten ankommt, ist die vollständige Läugnung jeglichen Restes von weichem unverändertem Protoplasma an den platten Hornhautzellen. Was man in den Hornhautlücken von strahligen protoplasmaähnlichen Körperchen sehe, sei höchst wahrscheinlich als ausgetretene geronnene, oder irgendwie veränderte interfibrilläre Kittsubstanz aufzufassen, welche unter Umständen sich auch einmal um die Kerne gruppiren und dann zellengleiche Bilder erzeugen könne. — Weiterhin spricht SCHWEIGGER-SEIDEL sich ausführlich gegen die Deutung der durch Silberbehandlung erzeugten sogenannten negativen Bilder als präexistenter Lücken mit Saftcanälchen in dem durch v. RECKLINGHAUSEN begründeten Sinne aus. Die Schlussformulirung seiner Resultate ist aber eine so unbestimmte und verklausulirte, dass es scheint, als ob SCHWEIGGER-SEIDEL in der Deutung, welche er den von ihm gewonnenen Präparaten gibt, nicht ganz sicher gewesen sei.

Gegen die Auffassung SCHWEIGGER-SEIDEL's von der Beschaffenheit der Hornhautkörper als protoplasmaloser kernhaltiger Endothelplatten ist nun der neueste Autor auf diesem Gebiete ROLLETT (205, 206) aufgetreten. Letzterer kommt im Wesentlichen wieder auf die Auffassung

Kühne's zurück, dass nämlich in dem Saftlückensysteme v. Recklinghausen's ein dasselbe meist ganz, unter Umständen (Contractionszustände der Zellen) nur theilweise ausfüllendes Protoplasmanetz, mit contractilen Eigenschaften begabt, enthalten sei, in dessen Knotenpuncten (Zellenleibern) Kerne mit Kernkörperchen eingebettet wären.

§ 13. Wir ersehen aus der vorstehenden Zusammenstellung der wichtigsten Angaben über die Hornhautzellen und deren Verhältniss zur Grundsubstanz, dass zur Zeit vornehmlich folgende Puncte näher zu untersuchen sein dürften: 1) Entsprechen die durch v. Recklinghausen's Verfahren darstellbaren sog. negativen Silberbilder in der That einem normal in der Hornhaut vorhandenen Lücken- und Canalsysteme und ist dieses Canalsystem identisch mit denjenigen Räumen, innerhalb welcher die Hornhautzellen liegen? 2) Bilden die in den Saftlücken und Saftcanälchen vorhandenen Hornhautzellen mit ihren Ausläufern ein complettes anastomosirendes Protoplasmanetz, welches sämmtliche Lücken und Canälchen ausfüllt? Erscheinen demnach die Saftlücken und Saftcanälchen gleichsam nur als die Matrizen dieses protoplasmatischen Netzwerks der Hornhaut, oder besteht das Lückensystem als unabhängige, selbstständige Bildung und wird dasselbe von den Hornhautzellen nicht ganz ausgefüllt? 3) Sind die Hornhautzellen rundliche oder auch abgeplattete aber vollsaftige Protoplasmakörper mit ebensolchen vollsaftigen protoplasmatischen Ausläufern, oder sind sie vielmehr platte Gebilde ohne, oder mit nur sehr wenig Protoplasma und mit platten Ausläufern, ähnlich den Ranvier'schen Sehnenzellen, Endothelien und Bindegewebskörpern überhaupt? 4) Sind die Hornhautzellen noch contractile Zellkörper, oder stellen sie vollkommen unbewegliche, im wahren Sinne des Wortes fixe Zellen dar, welche sich auf äussere Reize nicht mehr zusammenziehen und keinerlei active Lebenserscheinungen äussern? Endlich 5) welches ist das Verhältniss der eigentlichen fixen Hornhautzellen zu den Wanderzellen?

Vorhin ist bereits so ausführlich über das Saftcanalsystem der Hornhaut und dessen Darstellung durch die Silberbehandlung die Rede gewesen, dass ich hier die erste Frage als hinreichend erörtert ansehen kann. Betreffs der zweiten Frage müssen wir, um zu einer richtigen Auffassung der Sachlage zu gelangen, die Entwickelungsgeschichte zu Rathe ziehen. Bei Embryonen liegen die Hornhautzellen so dicht, und stehen mit einander durch so zahlreiche Ausläufer in Verbindung, dass man unmöglich annehmen kann, es seien Hohlcanäle in der Hornhaut vorhanden, in denen nicht Ausläufer von Hornhautzellen steckten. Erwägt man die zahlreichen feinen Ausläufer, welche die jungen Bindegewebszellen überhaupt darbieten, wie sie besonders von Boll (Arch. für mikrosc. Anat. Bd. VII) geschildert worden sind, so sind deren überhaupt so viele vorhanden, dass entschieden jedes Saftcanälchen als um einen Zellenausläufer geformt erscheinen kann. Dasselbe ist ja auch mit den Osteoblasten als jungen Knochenzellen und der sich um sie bildenden Knochensubstanz der Fall, ebenso wie bei den Zahncanälchen und den in ihnen steckenden Zahnfasern. Die jüngsten Knochenpartieen und die jüngsten Zahnbeinstückchen führen einen protoplasmatischen Zellausläufer in jedem Knochen- resp. Zahnbeincanälchen, und anders kann ich es auch nach meinen Erfahrungen an den embryonalen Hornhäuten nicht wahrnehmen. Später ändert sich die Sache. Wie bei den Knochen und Zähnen, atrophirt auch in der Hornhaut ein guter Theil der feineren Zellausläufer; manche

bis fast unmittelbar an den Zellenleib heran, andere nur zum Theil. So kommt es denn, dass eine grosse Anzahl von Canälchen, namentlich die feineren Anastomosen zwischen den directen Lacunenausläufern, keine Spur eines protoplasmatischen oder auch anderweitig metamorphosirten Zellenausläufers mehr enthalten. Die Richtigkeit dieser Auffassung ergibt sich leicht aus den vorhin (§ 10) geschilderten frischen Hornhautpräparaten. Ich fasse daher meine Ansicht von dem Verhältniss der Canälchen zu den Zellen und deren Ausläufern dahin zusammen, dass zwar die Canälchen und Lacunen entwickelungsgeschichtlich überall als Hohlformen um die Zellen und deren Ausläufer, als Matrizen des protoplasmatischen Netzwerkes der Hornhaut entstehen, dass aber später ein guter Theil der Ausläufer zu Grunde geht, und die Zellen zum Theil atrophiren, während wahrscheinlich alle Canälchen, oder doch bei weitem die grösste Mehrzahl derselben bestehen bleibt, und durch die in ihnen circulirende Flüssigkeit offen erhalten wird. Das Canalsystem erlangt also später in der weichen Hornhaut, ebenso wie in den harten Knochen und im Zahnbein, eine gewisse Selbstständigkeit gegenüber den protoplasmatischen Bestandtheilen dieser Gewebe, welche es früher nicht besass. — Was die Gestalt der Hornhautzellen anlangt, so haben wir vorhin (§ 10) gesehen, dass sie den platten Endothelzellen gleichen, immer aber noch feinkörniges Protoplasma um den Kern aufweisen. Somit kann ich für die Form der Hornhautzellen SCHWEIGGER-SEIDEL recht geben, muss seiner Darstellung aber entgegentreten, wenn er behauptet, dass die Hornhautzellen keine Spur körnigen Protoplasmas mehr führten. Meine Auffassung vermittelt also zwischen der von KÜHNE und ROLLETT vertretenen Ansicht eines vollkommen die Saftcanälchen ausfüllenden Protoplasmanetzes und zwischen dem Extrem, in welches SCHWEIGGER-SEIDEL verfallen ist.

Die Contractilität der sog. fixen Hornhautzellen betreffend, so besitzen wir darüber bereits eine Reihe positiver und negativer Angaben von v. RECKLINGHAUSEN (194, 195), KÜHNE (129), ENGELMANN (56), STRICKER (229) und ROLLETT (205, 206). Der Erstere fand, dass die Hornhautzellen auf Zusatz einer 4% Lösung von phosphorsaurem Natron ihre Fortsätze einziehen, während sie ihre Form bei Zusatz von mehr concentrirten Lösungen bewahren. Er sah ferner nach kurzer Einwirkung schwacher tetanisirender Ströme, die an der frischen Hornhaut des Frosches vorher in den Saftlücken deutlich als solche unterschiedenen glänzenden Zellen, bei denen ein Kern nicht sichtbar war, plötzlich matt und feinkörnig werden, Fortsätze auf kurze Strecken in die Canälchen vorschieben und einen schwach granulirten blassen Kern sichtbar werden lassen. Sehr weit gehende Mittheilungen gibt KÜHNE. Frische Hornhautzellen sollen spontane Formveränderungen zeigen, ebenso bei allen Arten der electrischen Reizung, welche einen Froschschenkel in Zuckungen versetzen; die Contractilität der Froschcorneazellen soll bei niederen Temperaturen bis zu 24 Stunden sich erhalten. Auch mechanische Reizungen bedingen Formveränderungen der Hornhautzellen. ENGELMANN hat den Kühne'schen Angaben direct widersprochen, namentlich was die auf electrische und mechanische Reizung eintretenden Bewegungen betrifft. [1]) Es müssen da, meiner Ansicht nach, auch Täuschungen untergelaufen sein, da

[1]) Neuerdings hat HOSCH, ein Schüler ENGELMANN's, diesen Einspruch auch gegen die Angaben ROLLETT's aufrecht erhalten (97 a).

Kühne von grösseren Abschnitten der Hornhaut spricht, welche nervenfrei wären, und auf deren Reizung er eben keine Bewegungserscheinungen wahrnahm, während solche stets bei den Zellen der nach Kühne's Annahme nervenhaltigen Stückchen zu sehen gewesen sein sollen. Nun wissen wir aber — man vergleiche den Abschnitt von den Hornhautnerven — dass eine nervenfreie Stelle der Hornhaut im Sinne Kühne's nicht existirt. Engelmann hat mit Recht auf diesen unlösbaren Widerspruch aufmerksam gemacht.

Stricker und Norris (229) bestätigten ältere Beobachtungen v. Recklinghausen's, welcher auch an geätzten Hornhäuten langsame Bewegungen verästigter Hornhautzellen wahrgenommen hatte, und erweiterten sie dahin, dass man durch fortdauernde Speisung mit frischem Blutserum diese langsame Bewegung sehr steigern und lebhafter machen könne.

Rollett sah nach Einwirkung einzelner kräftiger Oeffnungsinductionsschläge in früher ganz homogenen Hornhäuten oder in solchen, in denen man nur wie in einem Schimmer einzelne strahlige Hornhautkörperchen bemerkt hatte, plötzlich scharf begrenzte sternförmige helle Lücken mit zahlreichen hellen Canälchen auftreten. In den Lücken fanden sich dann kernhaltige Protoplasmakörper mit wenigen ganz zarten kurzen Ausläufern. Er deutet diese Erscheinungen dahin, dass durch die Inductionsschläge das Protoplasma der Hornhautzellen, welches im Ruhezustande bei der frischen Hornhaut das ganze Saftcanalsystem vollkommen ausfülle, zur Contraction gebracht werde, und nunmehr die Saftcanälchen und Saftlücken als zum Theil leer gewordene Räume so erscheinen müssten, wie vorhin beschrieben. Er verwendet diesen Befund als den besten Beweis für die Existenz des v. Recklinghausen'schen Canalsystems, und seines dieses Lückensystem ganz ausfüllenden Protoplasmanetzes.

Ich habe allen bisherigen Beschreibungen der Contraction bei den Hornhautzellen mit Ausnahme der Angaben v. Recklinghausen's das Bedenken entgegen zu halten, dass die Hornhautzellen, wie ich vorhin angegeben habe, auch im Ruhezustande bei der ganz frischen Hornhaut niemals die Saftlücken und Saftcanälchen ausfüllen, und dass ein protoplasmatisches Netzwerk, wie es Kühne, Rollett und Engelmann beschreiben, nicht vorhanden ist. Man bekommt an der ganz frischen Froschhornhaut, wenn die Präparate wirklich gut gelungen sind, vom ersten Momente ab, wo die Hornhautzellen überhaupt sichtbar werden, niemals andere Bilder als die, welche der von Rollett (206) gezeichneten Fig. 385, pag. 1117 entsprechen, und meist mit noch viel reicherer Verästelung der Ausläufer der Saftcanälchen, als sie dort gezeichnet sind (vgl. meine Fig. 9). Es bedarf dazu gar keiner Reizungsvorrichtungen. Aus den bisher vorliegenden Mittheilungen konnte ich nicht mit hinreichender Sicherheit entnehmen, ob Rollett auch an diesen im Innern der sichtbar gewordenen Saftlücken liegenden, nach seiner Ansicht activ contrahirten Protoplasmakörpern, weitere Formveränderungen noch wahrgenommen hat. Erst dann könnte ich nach meinen Erfahrungen über die Hornhautzellen und ihr Verhalten zu den Saftlücken die Contractilität der ersteren für sicher erwiesen ansehen. Es findet sich nur (205) die ganz kurze Mittheilung: »Nach längerer Ruhe kommt das in Folge der Reizung am Präparate erschienene Bild allmählich zum Verschwinden, um auf neue Reizung wieder zu kehren.«

Ich kann nun in dieser Hinsicht mehrfache positive Erfahrungen beibringen.

Lässt man an einer Froschcornea die Hornhautzellen und Saftlücken sichtbar werden, verschafft man sich also Bilder wie sie Fig. 17 widergibt, so bemerkt man beim Tetanisiren sowohl, wie auch beim raschen Erwärmen deutliche, wenn auch sehr langsame Formveränderungen der in den Saftlücken gelegenen Hornhautzellen. Stellen, die vorher schmal erschienen, schwellen an, andere verschmächtigen sich, kurze Fortsätze werden hier langsam eingezogen, dort vorgestreckt und Aehnliches. Die Zellen verrücken dabei ihren Standort auch innerhalb der Saftlücken um ganz kleine Strecken.

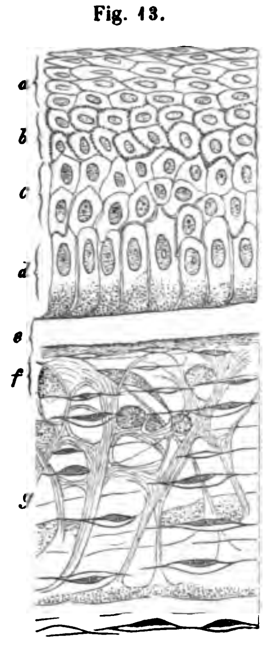
Wenn ich endlich die fünfte Frage, die des Verhältnisses der fixen Hornhautzellen zu den Wanderzellen, hier berühre, so geschieht das nur, um auf die Möglichkeit eines näheren Zusammenhanges beider Zellarten aufmerksam zu machen. Man kann die Vermuthung aufstellen, dass die Wanderkörper mit der Zeit zu sesshaften Hornhautzellen sich umbilden, während letztere allmählich zu Grunde gehen, so dass auf diese Weise für eine stete Erneuerung des Zellenmateriales der Hornhaut gesorgt würde. Ich kann freilich eine solche Annahme, welche bekanntlich von einer Anzahl Histologen für die verschiedensten Gewebe getheilt wird, keinen stricten Beweis beibringen. Dass sich körnige Farbstoffe, welche in die Blutbahn eingebracht sind, schliesslich in den Hornhautzellen ablagern, kann, man vergl. das in § 9 Gesagte, nicht in Betracht kommen. Auf der andern Seite liegen Beobachtungen von v. Recklinghausen (205) und namentlich von Stricker und Norris (229), denen sich Rollett (206) anschliesst, vor, welche es wahrscheinlich machen, dass sesshaft gewordene Hornhautzellen unter Umständen wieder mobil werden können, z. B. bei Entzündung der Cornea. Nach der hier vorgetragenen Ansicht vom Baue der Hornhautzellen müsste man dann annehmen, dass der Kern mit seinem kleinen Protoplasmaantheile sich von der inactiven homogenen Zellplatte löse und grössere Beweglichkeit erlange, wenn man nicht zugeben will, dass letztere sich auch wieder in lebendiges Protoplasma umwandeln könne.

Aus dem von mir constant angetroffenen kleinen Protoplasmaantheile der Hornhautzellen und aus der Contractilität derselben dürfen wir schliessen, dass diese Zellen, wenn sie auch in späteren Perioden atrophirt erscheinen und abgeplattete endotheliale Formen angenommen haben, dennoch lebensfähiges Material genug bewahrt haben, um auf Reizungszustände zu reagiren und an pathologischen Processen, z. B. Entzündungsvorgängen, activ theilzunehmen. Und das ist das Wichtigste bei der Sache.

§ 14. Ueberblicken wir in kurzer Schilderung das Gesagte, so stellt sich uns also die *Substantia propria corneae* dar als eine ziemlich dichte, festweiche Masse, die aus Fibrillen und einem dieselben zusammenhaltenden Kitte, der interfibrillären Grundsubstanz, besteht. Die Fibrillen sind zu Bündeln, diese wieder im Ganzen und Grossen zu lamellös übereinandergeschichteten Lagen vereinigt. Alle Zwischenräume zwischen den Einzelfibrillen sowohl, wie zwischen den Bündeln und Lamellen, sind durch die Kittsubstanz ausgefüllt. Man kann sich diese Verhältnise in einfacher Weise klar vorstellen, wenn man sich aus feinen, parallel gelagerten und in Bündeln vereinigten Stäbchen, die aber in verschiedenen Ebenen einander durchkreuzen, ein Geflecht construirt denkt, welches man in eine erstarrende Leimsolution eingetaucht hat. Die zu Bündeln ver-

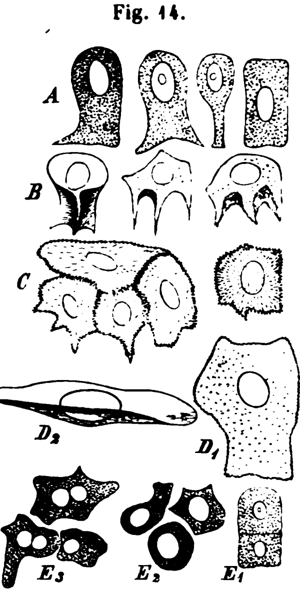
einigten Stäbchen entsprechen den Fibrillen und ihren Bündeln, die Leimmasse der Kittsubstanz. Denkt man sich nun in diese Kittmasse noch eine Anzahl Lücken mit zahlreich davon ausgehenden, auf den Wegen der Kittsubstanz verlaufenden anastomosirenden Canälchen eingegraben, denkt man sich endlich lymphatische Flüssigkeit und platte, protoplasmaarme, kernhaltige Zellen in diesem Lückensystem enthalten, welche Zellen das Canal- und Lückensystem nur zum Theil ausfüllen, so hat man ein möglichst treues Bild desjenigen Gewebes, welches die Substantia propria corneae darstellt.

Fig. 13.



Meridionaler Durchschnitt durch die Cornea des Kalbes (Präparat von Dr. A. v. Brunn) (Hartnack, VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben). *a*) Platte Epithelzellen. *b*) Riffzellen. *c*) polymorphe Epithelzellen. *d*) Cylinderzellen (Fusszellen, Rollett). *e*) Reichert'sche Lamelle. *f*) vorderste Schicht der Subst. propria mit feinen kurzen Fasern und kleineren Saftlücken. *g*) tiefere Schichte mit den sogenannten aufsteigenden oder Stützfasern.

Fig. 14.



Isolirte Epithelzellen (10 pc. Kochsalzlösung) von der menschlichen Cornea. (Hartnack: System VIII, Zeichnenprisma, eingeschobener Tubus.) *A*) aus der untersten Lage (Rollett'sFusszellen). *B*) aus den mittleren Lagen mit gefingerten Fortsätzen. *C*) Stachelzellen aus den höheren Schichten, einzeln und in Verbindung miteinander. *D*) Oberste platte Zellen: D_1 von der Fläche, D_2 von der Kante gesehen. Leichte Zähnelung. E_1, E_2, E_3 Kleine (junge) Zellen aus den mittleren Hornhautschichten. E_1 Zelle in Theilung (?) E_2 kleine rundlich-eckige Zellen mit einfachen Kernen. E_3 Zellen mit doppeltem Kern.

§ 15. Cornealepithel. Wie die *Substantia propria*, so hat auch das Epithel der Cornea, welches an der Peripherie continuirlich in das Conjunctiva-Epithel übergeht, manche besondere und beachtenswerthe Eigenthümlichkeiten. Man kann an demselben beim Menschen constant drei verschiedene Schichten unterscheiden, und zwar 1) die vordere Schicht grosser platter Zellen, 2) die mittlere Schicht stark geriffelter Zellen, mit zahlreichen rippenähnlichen Fortsätzen und Buchten zwischen denselben, 3) die unterste Schicht keulenförmiger oder cylindrischer Zellen. Demnach gehört dieses Epithel in dieselbe Categorie von Epithellagern, wie die Epidermis, d. h. zu den sogenannten mehrschichtigen Plattenepithelien.

Die vorderen platten Zellen sind bei den meisten Säugethieren in mehrfacher (beim Menschen in 3—4 facher) Lage vorhanden. Die oberflächlichsten sind die grössten und haben ein ähnliches Verhalten zu den tieferen, wie die Hornschicht-Zellen der Epidermis zu den tieferen Lagen der letzteren. Nur tritt hier keine Verhornung der Zellen ein, und behalten dieselbe auch stets ihren Kern. Vielfach

trifft man unter diesen Zellen Formen, welche einseitig nach der Fläche gekrümmt erscheinen. In der Profilansicht springt der Kern meist nach einer (der unteren) oder nach beiden Seiten vor (s. Fig. 14) ähnlich wie bei den Froschblutkörperchen.

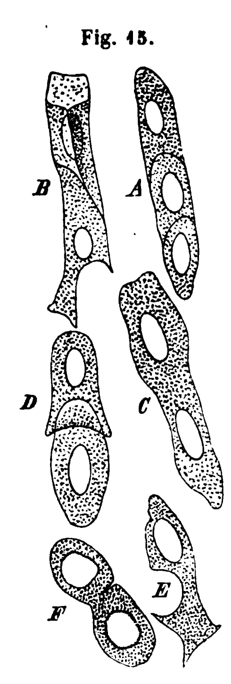
In der mittleren Zellenschicht treffen wir Elemente, wie sie Fig. 14 *B* und *C* wiedergegeben. Ausgezeichnet sind diese Zellen durch eine sehr scharf hervortretende Riffelung und durch zahlreiche kantige Vorsprünge sowohl nach den Seiten, als auch besonders nach der unteren (hinteren) Fläche hin, wodurch sehr wechselvolle Formen erzeugt werden, deren detaillirte Beschreibung jedoch überflüssig ist, zumal sie alle einen gemeinsamen Character durch diese Zähnelung und Berippung erkennen lassen. Was für die Darstellung wichtig erscheint, ist einmal die sehr deutlich ausgeprägte Riffelung und dann die Art und Weise der Zusammenfügung dieser Zellen. Erstere anlangend, so möchte ich bemerken, dass man bei Flächenansichten frischer Präparate Bilder erhält, welche einigermassen den von Bizzozero jüngsthin über das Riffzellenlager der Epidermis vorgebrachten Ansichten entsprechen. Es finden sich nämlich zwischen den beriffelten Flächen zweier aneinanderstossender Zellen helle, verhältnissmässig breite Linien von der Art, wie ein äusserst schmaler, spaltförmiger Zwischenraum erscheinen würde. Ich habe mich von einer organischen Verbindung der Riffe benachbarter Zellen mit einander, wie Bizzozero es will, nicht überzeugen können, halte es aber für sehr wahrscheinlich, dass in den als helle Linien erscheinenden Zwischenräumen Flüssigkeiten circuliren können. Von besonderem Interesse ist weiter die Art der Verbindung dieser Zellen unter einander und mit der dritten Zellenlage. Die Köpfe, Vorsprünge oder Rippen benachbarter, namentlich tieferer Zellen ragen nämlich in Vertiefungen der anliegenden Zellkörper hinein und bedingen dadurch die vorhin erwähnten Ausschnitte und Buchten, welche von kantigen Vorsprüngen begrenzt werden. Namentlich steckt gewöhnlich der halbkugelige Kopf einer der tiefsten Keulenzellen (Fusszellen Rollett's) in einem solchen Ausschnitte einer nächst oberen Zelle, die dann wie eine Gelenkpfanne oder wie ein Hut dieser Fusszelle aufsitzt (Fig. 15 *D*). Die Grösse dieser Zellen ist für die Mehrzahl nahezu dieselbe. Doch findet man an Zerzupfungspräparaten aus dieser Schicht, s. Fig. 14 *E*, nicht selten eine Anzahl nahe zusammenliegender, zum Theil noch bisquitförmig mit einander verbundener kleinerer Elemente, von denen jedes einen Kern zählt.

Die tiefsten Zellen sind von Rollett (206) und Lott (151 *a*) als Fusszellen beschrieben worden, indem sie mit einer breiten, glänzenden fussähnlichen Platte auf der vorderen Basalmembran aufsitzen sollen; dabei überrage die Fussplatte der Zellen gewöhnlich um ein Geringes den anstossenden Plattentheil der Nebenzelle. Es komme dadurch ein dachziegelförmiges Uebereinanderlagern der Fussplatten heraus, wie es auch von anderen Zellen, welche unmittelbar einer Basalmembran aufsitzen, bei den Zellen der Brunner'schen Drüsen z. B., von Schwalbe beschrieben worden ist.

In situ wohl kaum zu erkennen, an Zerzupfungspräparaten aber nicht selten nachweisbar, finden sich unter den tieferen Zellen solche mit zwei Kernen, die durch eine kleine Einschnürung zwischen beiden Kernen etwas eingebuchtet sind, s. Fig. 15 *C*. Es erscheint die Annahme wol nicht zu gewagt, dass von den grösseren tiefen Zellen aus, den Fusszellen Rollett's, eine Neubildung junger

Zellen stattfindet. Man hätte sich den Befunden gemäss vorzustellen, dass nach einer gewissen Frist die oberen Stücke der Fusszellen sich abschnüren und dann nach oben hin weiter rücken, während von unten neuer Nachwuchs stattfindet. Dass daneben auch in den Zellen der mittleren Lage noch neue Zellen entstehen, ist ebenfalls wahrscheinlich. Es sprechen dafür das Vorkommen der erwähnten mehrkernigen kleineren Zellen auch in diesen mittleren Schichten, und dann die zahlreichen, anscheinend wie mit einem Locheisen herausgeschlagenen Ausschnitte an den Seitentheilen dieser Zellen. Man kann diese sich kaum anders entstanden denken, als durch die Abschnürung irgend einer Portion des Zellprotoplasmas von der ursprünglichen Zelle. Dem Gesagten zufolge würde ich die Hauptquelle der Regeneration des Hornhautepithels in dessen mittlere und unterste Zellen verlegen.

Fig. 15.



Isolirte Hornhautepithelzellen vom Stier und vom Menschen. (Hartnack VIII und X, Zeichnenprisma, eingeschobener Tubus.) *A*) Drei zusammenhängende Zellen (Stier). *B*) Zwei zusammenhängende Zellen (Stier). *C*) Lange Zelle mit zwei Kernen (Stier). *D*) Zwei glockenförmig in einander geschachtelte Zellen (Stier). *E*) Zelle mit tiefem Ausschnitt (Stier). *F*) Zelle mit zwei leicht gezähnelten Kernen in Theilung (?) Mensch.

Die Anheftung des Epithels an die Basalplatte ist keine sehr feste. Schon an frischen Hornhäuten gelingt es leicht, dasselbe mit einer Staarnadel in grösseren Fetzen abzuschaben. Am schnellsten entfernt man dasselbe nach v. Recklinghausen's Vorschlag, wenn man auf wenige Secunden (beim Frosch) die Cornea heissen Wasserdämpfen aussetzt. Schonender für die Epithelzellen, zugleich unter Isolation der Zellen von einander, gelingt es durch Maceration in 10 pC. Kochsalzlösung (Schweigger-Seidel. Rollett.)

Die eingehendsten Beschreibungen des Cornealepithels liefern Kölliker (117), Henle (83, 84), dann neuerdings besonders: Cleland (33), F. A. Hoffmann (96, 97), Schalygen (212), W. Krause (126), Rollett (206), Lott (151 a u. b) u. Langerhans (132). — Bereits Kölliker hatte die an vielen Zellen vorkommenden grubigen Einschnitte und die dazwischen liegenden Vorsprünge erwähnt; genauer beschrieb sie dann Cleland an denjenigen Hornhautzellen, welche er als »gefingerte« bezeichnete. F. A. Hoffmann und Czerny (Wiener med. Jahrbb. Bd. XIII.) gewannen ähnliche Bilder. Neuerdings haben besonders Lott und Langerhans auf die Eigenthümlichkeiten der mittleren Zellenlagen aufmerksam gemacht, wie sie vorhin geschildert wurden. Meine obige Beschreibung, welche unverändert stehen geblieben ist, war bereits seit Wochen zu Papier gebracht, ehe ich den Langerhans'schen Aufsatz zu Gesicht bekam; sie stimmt offenbar am meisten mit dessen Darstellung. Langerhans hat nun aber weiter gezeigt, dass alle Cornealepithelzellen ohne Ausnahme eine Zähnelung besitzen. Für die obersten platten Zellen erwähnt er wenigstens die Zähnelung beim Cornealepithel der Krähe; ich habe sie auch, Fig. 14 *D*, beim Menschen angetroffen. Ferner thut Langerhans dar, dass eine Fussplatte im Sinne Rollett's und Lott's, — dessen vorläufige Mittheilung übrigens von Langerhans nicht erwähnt wird — d. h. als ein glänzender homogener Saum, welcher den Zellen selbst angehörte, nicht existirt. Derselbe soll vielmehr dadurch zu Stande kommen, dass bei den gewöhnlichen Isolationsproceduren immer Reste der oberflächlichsten Hornhautschicht, d. h. der gleich näher zu besprechenden Basalmembran, mit fortgenommen werden, und so eine glatte glänzende Fussplatte an den Zellen erscheint.

Führt man die Maceration weiter fort — LANGERHANS empfiehlt dazu concentrirte Salpetersäure — so löse sich der zur Bindesubstanz der Cornea gehörige Antheil, und die unterste Fläche der Zelle erscheine dann, wie bereits HENLE angegeben hatte, fein gezähnelt, greife also auch geriffelt in die unterliegende Basalmembran ein, während der glänzende Saum geschwunden ist. Die von mir in 10 pc. Kochsalzlösung isolirten cylindrischen Zellen der tiefsten Schicht zeigten die Rollett'sche Fussplatte nicht, liessen aber auch keine deutliche Zähnelung erkennen; vgl. Fig. 11 *A*. Von Interesse ist der Nachweis LOTT's und LANGERHANS', dass ähnliche Verhältnisse bei allen geschichteten Pflasterepithelien und, wie es scheint, in der ganzen Wirbelthierreihe vorkommen. Ich erhielt die Langerhans'sche Mittheilung zu spät, um noch eigene Untersuchungen in dieser Richtung anstellen zu können.

W. KRAUSE beschreibt zwischen den tiefsten (keulenförmigen) Epithelzellen Zellen mit eigenthümlichen ellipsoidischen Kernen, die wie aus kleinen Körnchen zusammengesetzt erscheinen, und einigermassen das Bild einer Weintraube in kleinstem Masse geben. Ihre Bedeutung bleibt vor der Hand unklar. Ich habe diese Gebilde bis jetzt noch nicht mit Sicherheit auffinden können.

Während CLELAND und KRAUSE die hauptsächlichsten Regenerationsvorgänge in die mittleren Epithellagen versetzen, nimmt LOTT, dessen Angaben ich bestätigen konnte, auch eine Neubildung der Epithelzellen von den tiefsten Lagen her an. LOTT (151 a) sucht die Neubildungsvorgänge einzig und allein an diesem Orte.[1]) Das Cornealepithel ist für die Frage nach der Selbstständigkeit der Epithelien gegenüber dem Bindegewebe und nach ihrer Regeneration in neuerer Zeit fast ebenso wichtig geworden, wie die *Substantia propria* der Hornhaut für alle Verhältnisse der Bindesubstanzen. J. ARNOLD (9) studirte die Epithelneubildung an der Hornhaut und kam zu dem Schlusse, dass die jungen Epithelzellen aus einem formlosen Blastem sich hervorbildeten, welches auf der Wundfläche sich entwickele. Dagegen haben EBERTH und WADSWORTH (53), F. A. HOFFMANN, SCHALYGEN und HEIBERG (80) sich für die Neubildung der Cornealepithelzellen von präexistenten Epithelzellen ausgesprochen. F. A. HOFFMANN (96) theilt noch eine ursprünglich von v. RECKLINGHAUSEN gemachte sehr bedeutungsvolle Beobachtung mit, dass nämlich die Epithelzellen gereizter Hornhäute, namentlich wenn sie frei liegen, in der feuchten Kammer unmittelbar nach Abnahme der Hornhaut vom Körper langsame Formveränderungen zeigen, indem sie stumpfe Buckel (Buckelzellen) vortreiben und wieder einziehen und dabei auch langsame Ortsveränderungen durchmachen. — Dass die im Corneaepithel gelegentlich zur Beobachtung kommenden Wanderzellen etwas mit der Regeneration desselben zu thun haben sollten, muss ich mit den ebengenannten Forschern bestreiten.

Beim Menschen ist das Epithel im Ganzen niedrig (0,03 Mm. nach HENLE), gegenüber z. B. dem Verhalten des Epithels beim Rinde, wo es recht hoch und mehr geschichtet erscheint. Beim Frosche sind die einzelnen Zellen etwas grösser und breiter. Im Allgemeinen kehren aber, so weit die vorhandenen Daten reichen, bei allen Vertebraten dieselben Verhältnisse wieder. — Die Nerven des Epithels werden weiter unten im Zusammenhange mit den Nerven der Substantia propria corneae beschrieben.

§ 16. Zunächst unter dem Epithel finden wir die sogenannte vordere Basalmembran, die Reichert'sche oder Bowman'sche Lamelle, wie dieselbe nach ihren Entdeckern auch benannt wird. Es ist diese Lamelle eines der am meisten bestrittenen Elemente der Cornea. Wenn man die Sache richtig erwägt, so ist

---

[1]) In der ausführlichen Mittheilung seiner Untersuchungen (151 b), welche ich nur noch für die Revision der Druckbogen benutzen konnte, gibt LOTT ausdrücklich die Möglichkeit zu, dass auch in den mittleren Lagen des Corneaepithels noch Neubildung von Epithelzellen stattfinde. Somit würden in Bezug auf Wachsthum und Regeneration des Corneaepithels unsere beiderseitigen Ansichten übereinstimmen. Den Saum an den Fusszellen hält LOTT fest. Die der Abhandlung beigefügte Tafel gibt treffliche Abbildungen der Hornhautepithelzellen.

der Gegenstand des Streites nicht recht abzusehen, da die Beantwortung der Frage, ob eine optisch differente Schicht in irgend einer Gewebslage ein selbstständiges Gebilde sei oder nicht, in den meisten Fällen nach dem subjectiven Geschmacke des Beurtheilers ausfallen wird. Das Thatsächliche anlangend, so finden wir dicht unter dem Epithel eine bei verschiedenen Thieren verschieden starke Schicht (beim Menschen 0,0045 — 0,01 Mm. nach Henle) eines etwas stärker lichtbrechenden Gewebes, welches aber gegen die folgenden Lagen der Corneagrundsubstanz nicht scharf abgesetzt ist, so dass es z. B. niemals gelingt, diese Schicht rein abzupräpariren. Diese Lage erscheint nahezu homogen und enthält wenig oder gar keine Hornhautzellen. Bei geeigneter Behandlung zerfällt sie ebenso in Fibrillen, wie die Hornhautgrundsubstanz selbst. Ich stehe daher nicht an, sie für einen etwas modificirten Theil dieser Substanz zu erklären, d. h. desjenigen Theiles derselben, der, wie wir später sehen werden, genetisch der Conjunctiva angehört.

Den Namen einer »*Elastica anterior*«, den Bowman (21) ihr gegeben, verdient die vordere Grenzlamelle in keiner Weise, da sie in vielen Beziehungen vom elastischen Gewebe verschieden ist.

Beachtenswerth ist das verschiedene Verhalten dieser Schicht bei den verschiedenen Geschöpfen. Bei Fröschen ist sie nur sehr schwach ausgeprägt. Bei Vögeln, welche eine verhältnissmässig dünne Descemet'sche Membran besitzen, ist sie sehr viel stärker entwickelt, als diese letztere; bei den Säugethieren wächst im Allgemeinen ihre Stärke mit der der Hornhaut; der Mensch besitzt eine recht starke vordere homogene Lamelle.

Zerfasert man die vorderen Hornhautschichten, so ergibt sich ohne Weiteres, dass die Fibrillen der tieferen Lagen sich continuirlich in das dichte Gewebe der vorderen Lamelle fortsetzen; so pflanzen sich auch die Fibrillen der *Fibrae arcuatae* in dieselbe ein. Gegen die Epithelzellen der Hornhaut besitzt, wie Henle und Langerhans gezeigt haben, die vordere Lamelle eine fein gezähnelte Grenzfläche. —

Die vordere Lamelle wurde zuerst von Reichert (198), bald darauf unabhängig von Bowman (21) entdeckt. — Nach His (91) soll sich dieselbe nicht regeneriren.

§ 17. Die hintere Begrenzung der Hornhaut wird gebildet von einer sehr eigenthümlichen, in hohem Grade elastischen Membran, welche man gewöhnlich als »*Membrana Descemetii*« bezeichnet. Dieselbe bildet eine vollkommen glashelle, im frischen Zustande durchaus gleichartig beschaffene Haut, welche sich, im Ganzen oder in Stücken isolirt, stark einrollt. Auf dem Durchschnitte erscheint sie wie ein glänzender, stark lichtbrechender Streifen, der sich scharf vom eigentlichen Hornhautgewebe abhebt. Sie misst beim Menschen nach H. Müller in der Mitte 0,006 — 0,008 Mm.; am Rande 0,01 — 0,012 Mm. Ich vermag nicht, eine weitere Textur an der Descemet'schen Membran zu erkennen. Mit guten starken Linsen erhält man mitunter den Eindruck einer äusserst feinen Streifung; doch gelingt es nicht, die frische Membran in Fibrillen zu zerlegen. Ebenso leicht kann man auch der Fläche nach kleine Plättchen von der Membran absprengen; die Bruchfläche erscheint dabei immer homogen. Nach Henle (84) zerfällt die *Membrana Descemetii* des Ochsen bei längerem Kochen in kleine Plättchen. Berücksichtigt man aber wieder die Art und Weise, wie diese Membran am Rande

der Hornhaut sich in ein eigenthümliches Fasersystem auflöst, (cf. § 30), so muss man einen im Grunde faserigen Bau derselben wol für das wahrscheinlichste halten. Vergeblich habe ich mich nach Porencanälchen in dieser Membran umgesehen. Bei dem oben — § 6 — erwähnten Versuche, mittelst des Atmosphärendruckes eine Eisenoxydullösung durchzutreiben, sah ich an den Randpartieen der Descemet'schen Haut verschiedene äusserst feine blaue Streifen, doch konnten Poren an Flächen- wie an Durchschnittspräparaten, so wie mittelst der verschiedenen Imprägnationsmethoden nicht zur Ansicht gebracht werden. Zur Erklärung der Diffusionsvorgänge in der Hornhaut, so wie der von Laqueur angestellten Versuche, ist übrigens die Annahme von Porencanälchen nicht unbedingt nöthig, da sich die Descemet'sche Membran an den peripherischen Theilen der Hornhaut auffasert, und an diesen Stellen auch der rascheste Durchtritt von Flüssigkeiten aus der vorderen Kammer stattfindet.

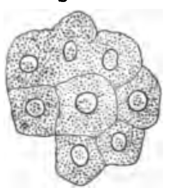
Zellige Elemente oder Rudimente von solchen finden sich nicht.

Beim Menschen zeigen sich, wenigstens bei Personen reifen Alters, constant die von A. Hill Hassall (78) zuerst erwähnten und dann von Henle (84) genauer beschriebenen Warzen. Dieselben liegen theils einzeln als kugelige Auswüchse, theils liegen mehrere Warzen in Längsreihen neben einander, indem sie sich berühren. Ich gebe Henle Recht, wenn derselbe diese Bildungen als etwas constantes beim Menschen bezeichnet; doch gilt das, wie bemerkt, hauptsächlich für ältere Personen.

Die Descemet'sche Haut lässt sich mit einer zwischengeschobenen Staarnadel ziemlich leicht von der Hornhaut trennen. Am leichtesten gelingt das beim Frosch: doch ist eine ganz reine Trennung ebenso wenig möglich zu machen, wenigstens auf grösseren Strecken, wie bei der vordern Lamelle; immer findet man bei mikroscopischer Betrachtung, dass einzelne Fibrillenbündel an der innern Fläche der *Membrana Descemetii* haften bleiben, und es scheinen dieselben — wieder ein neues Argument für die ursprünglich faserige Textur der *Descemetiana* — continuirlich in die Substanz der Membrana überzugehen. Das Verhalten der Membran an der Peripherie der Hornhaut wird weiter unten zur Sprache kommen; nur möge hier noch bemerkt werden, dass ich mit H. Müller den peripherischen Theil der *Membr. Descemetii* etwas stärker finde, als den centralen.

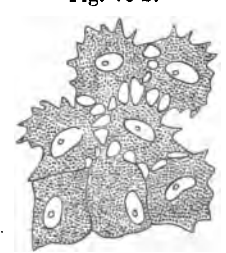
Die hintere Fläche der Descemet'schen Haut ist mit einem platten Zellenlager, dem sogenannten »Epithel der Descemet'schen Haut«, oder dem »Endothel der vordern Kammer«, wie wir es wol conform den von His (94) angebahnten Anschauungen über Epithel und Endothel nennen müssen, bekleidet. Die grossen platten Zellen desselben, von nahezu gleicher Grösse (0,025 Mm. beim Menschen nach Henle) und Form, besitzen alle einen deutlich ausgeprägten rundlichen oder elliptischen Kern; ein deutlich als solches anzusprechendes Kernkörperchen ist nicht immer

Fig. 16 a.



Endothelzellen der Membrana Descemetii vom Menschen, frisch in Humor aqueus. (Hartnack VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.)

Fig. 16 b.



Endothelzellen der Membrana Descemetii vom Frosch, Silberpräparat. (Vergrösserung wie in 16 a.)

vorhanden. Im Profil gesehen erscheint der Mitteltheil der Zellen durch den Kern ein wenig bauchig vorgetrieben. Am ganz frischen Präparate lassen sich die Grenzen der Zellen kaum wahrnehmen; doch isoliren sie sich nach kurzem Aufenthalte in Serum oder in Kochsalzlösung ziemlich leicht von einander. Eine ganz kurze Imprägnation mit sehr schwacher Silberlösung ($\frac{1}{10}$—$\frac{1}{8}$pC. lässt scharf geschnittene Grenzlinien zwischen den einzelnen Zellenindividuen hervortreten, wobei hie und da kleine helle Oeffnungen wie Stomata erscheinen. Nicht selten habe ich an Präparaten, welche mit Hämatoxylin gefärbt waren. eine Zeichnung der Endothelzellengrenzen gesehen, wie sie Fig. 16 *b* wiedergibt. Es scheint demnach, als ob die Zellen sich von einander zurückgezogen hätten, und dabei mit einzelnen Fäden in Verbindung unter einander geblieben wären, so dass eine Reihe von Lücken zwischen ihnen auftrat. Ob derartige Einrichtungen auch während des Lebens bestehen, bleibt noch fraglich, da ich solche Bilder an ganz frischen Präparaten nicht wahrnahm.

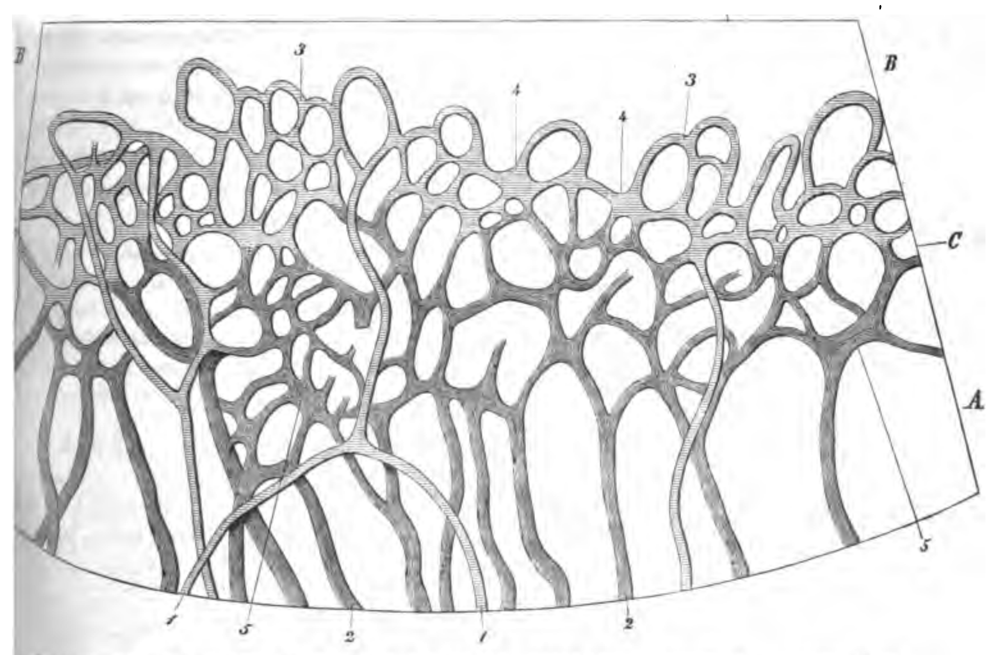
Zwischen den Warzen der Descemet'schen Membran ändern die Endothelzellen ihren Character, indem sie, — man vgl. Fig. 23 — nur in den Thälern liegend, eine Sternform annehmen, wenigstens präsentiren sie sich so in der Flächenansicht. — Ueber das Verhalten dieser Zellen in den peripherischen Theilen wolle man die Schilderung des Cornealfalzes vergleichen.

Weitere Angaben über feinere Structurverhältnisse der *M. Descemetiana*, abgesehen von den Warzen und den bereits erwähnten Henle'schen Plättchen, findet man bei Tamamscheff (233), der die Membran durch längeres Liegen in einer Jod-Jodkaliumlösung in äusserst feine Fibrillen zerfällen konnte, zwischen denen er eine resistente Kittsubstanz annimmt, und bei Schweigger-Seidel. Letzterer beschreibt eigenthümliche, unter verschiedenen Winkeln aufeinanderstossende helle Linien in verschiedenen Schichten der Membran, ferner kleine helle Puncte, wie Porencanälchen beschaffen, an den Kreuzungspuncten dieser Linien. Daselbst treten auch eigenthümliche feinfasrige Linien auf, die von jenen Puncten nach verschiedenen Seiten büschelförmig ausstrahlen. — Fasern in der Descemet'schen Haut sind übrigens schon sehr lange beschrieben, so z. B. bereits von Valentin (240). Brücke (25) und Mensonides (161, sprechen von einer lamellösen Structur. Eine ziemlich vollständige Literaturübersicht dieser Angelegenheit gibt Kölliker's mikrosc. Anatomie. p. 618. II. 2. Beachtenswerth ist noch die Angabe von Klebs über die Contractilität des Cornealendothels, welche von Stricker und Norris bei entzündeten Hornhäuten bestätigt wurde. Klebs (114) machte seine Beobachtungen an der Froschcornea; die Bewegungen waren mitunter so lebhaft wie bei ächten amöboiden Zellen, und lösten sich dabei die Endothelien selbst ab. — Die Angabe Rollett's (206) vom Vorkommen körniger Zellen mit runden Kernen beim Frosch zwischen den ganz durchsichtigen Zellen ohne Kernandeutung kann ich bestätigen.

§ 18. Gefässe führt die Hornhaut stets nur an ihren Grenzen, Grenzflächen oder Grenzrändern; zu keiner Zeit des Lebens inmitten ihrer *Substantia propria*. Während des fötalen Lebens bis fast zur Geburt ziehen von den *Aa. ciliares anteriores* Capillargefässe dicht unter dem epithelialen Ueberzuge der Cornea in deren ganzer Ausdehnung hin und bilden das sogenannte »praecorneale« Gefässnetz, welche man bei Thieren auch noch einige Zeit nach der Geburt antrifft. Diese Gefässe obliteriren bald nachher und bilden sich ganz und gar bis auf die äussersten Randpartieen der Hornhaut zurück. Hier erhalten sie sich auch im späteren Leben als ein Theil des sogenannten Randschlingennetzes der Cornea. Dasselbe ist nach einer Injection durch die *A. ophthalmica* vom Auge

eines ca. 40jährigen Mannes in Fig. 17 dargestellt. Wir sehen eine Anzahl kleiner Arterienstämmchen geradeswegs subconjunctival, oder episcleral zum Hornhautrande vordringen, dort ein zierliches Capillarnetz mit vorgeschobenen kurzen Schlingen gegen die Hornhaut bilden und dann rasch in ein sehr dicht und

Fig. 17.



Randschlingennetz der Hornhaut (Leiminjection von der Art. ophthalmica bei einem ca. 40jährigen Mann. Schwache Vergrösserung.) *A*) Region der Conjunctiva bulbi. *B*) Region der Cornea. *C*) Grenzlinie zwischen Sklera und Cornea. 1) Arterien. 2) Venen. 3) Randschlingen. 4) Lacunäre Erweiterungen am Zusammenflusse von Randschlingen. 5) Lacunäre Erweiterungen am Zusammenflusse von Conjunctiva-Capillaren und kleinen Venen.

reichverzweigtes Netz kleinster Venen, so glaube ich wenigstens bereits die Gefässe bei 5, Fig. 17, auffassen zu müssen, übergehen. Die Knotenpuncte der Venen und Capillaranastomosen sind vielfach auffallend weit: es ist also jedenfalls ein günstiges Strombett für den Abfluss vorhanden, wenn letzterer auch, wegen der relativen Breite des Strombettes, ein langsamer sein muss. Die Arterien und Capillaren liegen mehr oberflächlich, dicht unter dem Epithel, die Venen tiefer. Letztere fliessen durch die *Venae episclerales* in die *Venae ciliares anteriores* und durch diese in die *Venae musculares* ab. Dieses eigentliche corneale Randschlingennetz steht nach den Untersuchungen von Leber (139) mit einem conjunctivalen Randnetze in Verbindung und zwar derart, dass von den *Arteriae episclerales* feine Aeste in die Conjunctiva übergehen (*Arteriae conjunctivales anteriores*). Diese bilden in der Conjunctiva ein Netz mit vorgeschobenen Schlingen gegen den Hornhautrand und anastomosiren nach hinten mit den *Artt. conjunctivales posteriores*. Diese wieder stammen von den *Arteriae palpebrales* ab. Die Venen

sind gleichnamig und nehmen den gleichen Verlauf. — Beim Menschen springen die Randschlingen wenig weit in das eigentliche Cornealgewebe vor und zwar meist mit rundlichen, flachen Bögen, ebenso ist es bei Kaninchen. Bei Katzen finden wir steilere, weiter vorgeschobene Bögen. Sehr weit vor, mit langen schmalen Schlingen, wie wir sie in schlanken spitzen Zotten finden, treten die Randgefässe bei grösseren Thieren, z. B. beim Rinde und Pferde. Hier sieht man fast regelmässig ein oder zwei solcher Schlingen mit den grösseren Nervenstämmen eintreten und hier weiter in das eigentliche Hornhautgewebe hineinverlaufen, als es in den Zwischenstrecken der Fall ist. Besonders weit sollen sich nach einer kurzen Bemerkung Hoyer's (100) die Gefässschlingen beim Karpfen in die Hornhaut hinein verfolgen lassen. In ihrem Baue bieten alle diese Gefässe keine bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten. — Ueber die Lymphbahnen der Hornhaut soll der besseren Uebersicht wegen im Zusammenhange mit den Lymphwegen der Sklera und Conjunctiva gehandelt werden.

Die genauesten und besten Angaben über die Gefässe des Bulbus verdanken wir bekanntlich Leber (139), dessen Untersuchungen ich nach mehrfachen in Gemeinschaft mit meinem Assistenten, Dr. Löwe, bei Menschen, Erwachsenen wie Neugeborenen, und bei Katzen und Kaninchen angestellten Injectionen fast durchweg bestätigen kann. Ein präcorneales Gefässnetz fand Hyrtl (106) noch einigemale bei Neugeborenen. Nach J. Arnold (10) entstehen die neuen Blutgefässe in der Cornea bei Reizungszuständen von den episkleralen Gefässen aus.

§ 19. Die Nerven der Cornea sind schon seit ihrem ersten sicheren Nachweise durch Schlemm (213), mehr aber noch seit den wichtigen Untersuchungen Cohnheims (37, 38) Gegenstand zahlreicher Arbeiten geworden. Wenngleich das von Cohnheim bei dieser Gelegenheit der histologischen Technik zugeführte Mittel. das Goldchlorid, ein für die Cornealnerven geradezu specifisches genannt werden kann, und gelungene Präparate so klare und vollkommene Bilder liefern, wie man sie nur noch mit wenigen Reagentien im ganzen Gebiete der Histologie erreicht, so sind doch keineswegs alle bezüglichen Fragen als gelöst anzusehen.

Zur Zeit handelt es sich wesentlich darum, festzustellen: 1) Enden die Hornhautnerven im Epithel und in der Hornhautsubstanz mit bestimmten Endorganen oder bilden sie nur terminale Netze, bez. Plexus? 2) Laufen die Nervenfasern sämmtlich oder zum Theil im Epithel frei aus, oder treten sie daselbst mit den Epithelzellen in organische Verbindung, d. h. verschmelzen sie mit irgend einem Theile der Zellen? 3) Treten die Nerven in der *Substantia propria corneae* mit den Hornhautzellen in organische Verbindung? 4) Finden sich überhaupt Endigungen in der *Substantia propria*? 5) Welches ist das Verhalten der Nerven zur *Membrana Descemetii* und ihrem Endothel? Endlich 6) in welchen Bahnen verlaufen die Nerven innerhalb des Hornhautgewebes?

Die gröbere Verbreitung der Nerven anlangend, so wissen wir schon seit längerer Zeit, dass etwa 40—45 (Saemisch 209) kleine Nervenstämmchen am Hornhautrande des Menschen in die *Substantia propria corneae* eintreten.[1]) Die Nervenfasern sind daselbst zum Theil noch mit Mark versehen, büssen dasselbe aber sehr bald ein, um dann als nackte Axencylinder und schliesslich, nach wie-

[1]) Bei andern Geschöpfen, Ochs, Taube, Meerschweinchen, Frosch, werden nur ca. 15—20 Stämmchen gezählt.

derholter Theilung derselben, als feinste Axenfibrillen weiter zu ziehen, und sich in einer überraschenden Weise auf das reichhaltigste in der Hornhautsubstanz und im vorderen Epithel zu verzweigen. Beim Menschen dringen die Stämme von den *Nn. ciliares anteriores* her einmal direct aus der Sklera in das Hornhautgewebe ein; andere feinere, bereits marklose Fasern (HOYER, 100) ziehen von den Conjunctivalnerven hinein; die Theilungen erfolgen dichotomisch, wirtelförmig und unter reicher Plexusbildung schon in den Stämmen. Dabei zerfallen die nackten Axencylinder nach und nach in immer feinere Fibrillen, die von mir an einem andern Orte (Ztschr. f. rat. Med. 1863) sogenannten Axenfibrillen, welche sich schliesslich fast bis zu Fäden von unmessbarer Feinheit zerspalten.

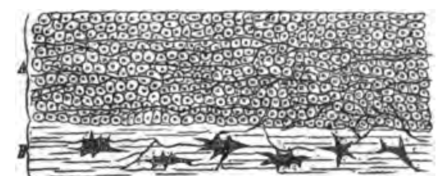
Man muss die gröbere Plexusbildung von der feinen Netz- und Geflechtbildung unterscheiden. Die gröberen Geflechte kommen bei allen bisher untersuchten Thieren auf die *Substantia propria corneae* und liegen, je nach der Eintrittsstelle der Nerven, bald mehr in den vorderen, bald mehr in den hinteren Schichten. Uebrigens gibt es bei allen Thieren kaum eine Hornhautschicht, in der jene weitmaschigeren Geflechte vollkommen fehlten. Die feineren Geflechte (bez. Netze) finden sich dagegen bei den verschiedenen Thieren an ganz bestimmten Stellen, worauf schon COHNHEIM und neuerdings ganz besonders HOYER hingewiesen haben. Von feineren Geflechten, bez. Netzen, auf deren Darstellung es hier vorzugsweise ankommt, kann man bei allen bisher untersuchten Wirbelthieren dreierlei Abtheilungen unterscheiden, welche mit grosser Beständigkeit an guten Präparaten überall wiederkehren. Ich bezeichne dieselben ihrer Lage nach als den engmaschigen Stromaplexus, den subepithelialen und den intraepithelialen Plexus[1]).

Zu dem engmaschigen Stromaplexus, welcher immer in der *Substantia propria corneae* liegt, dringen die Stämmchen aus dem gröberen Stromageflecht ziemlich steil nach vorne vor und zerfallen (beim Menschen) unterhalb der vorderen Lamelle durch eigenthümliche wirtelförmige Theilungen der Stämme doldenartig (Fig. 21) in eine Anzahl Aeste, die zunächst in der unmittelbar unter der Basalmembran befindlichen Lage des dort etwas mehr lockeren Hornhaut-Gewebes ein flach ausgebreitetes reiches Geflecht (subbasaler Plexus HOYER's [100]) bilden. Von diesem Geflecht treten in fast senkrechter Richtung zahlreiche Aeste ab, und ziehen, indem sie die vordere Lamelle in ziemlich regelmässigen Abständen durchbohren, in das Epithel ein. Hier entsteht abermals ein flächenhaft ausgebreitetes feines, fast nur aus einzelnen nackten Axencylindern und Axenfibrillen sich zusammensetzendes Geflecht an der Basis der Epithelzellen, subepithelialer Plexus. Beim Menschen finde ich mit HOYER die feinen Axenfibrillen in diesem Geflecht in grosser Anzahl dicht nebeneinander parallel der Hornhautoberfläche weiter ziehen und auf lange Strecken dieselbe Verlaufsrichrichtung einhalten. cf. Fig. 18. Von hier aus steigen wiederum senkrechte Fibrillen im Epithel aufwärts, deren Verzweigungen den intraepithelialen Plexus bilden. Die Reichhaltigkeit der Verzweigung von feinsten Axenfibrillen zwischen

[1]) Ich gebrauche den Ausdruck »Plexus« hier ohne alles Präjudiz, indem ich vor der Hand unerörtert lasse, ob diese drei Nervenlager nur Plexus (Geflechte), ohne wirkliche Anastomosen unter den einzelnen Axencylindern bez. Axenfibrillen, oder echte Netze mit anastomosirenden Nervenfibrillen darstellen.

den Epithelzellen übersteigt jede Vorstellung. Man erhält an guten Präparaten Stellen, wo fast jede einzelne Epithelzelle von feinsten Axenfibrillen gleichsam umsponnen ist. Dieselben dringen bis zu der Schicht der platten Epithelzellen vor, und finden hier ihr gleich näher zu erörterndes Ende. An der freien Oberfläche des Hornhautepithels, über dessen Niveau hervorragend, habe ich niemals Nervenfädchen gesehen.

Fig. 18.



Flacher Schrägschnitt von der vergoldeten Cornea des Menschen. Subepitheliales und tiefes intraepitheliales Nervengeflecht mit der Fläche nach längs verlaufenden Fibrillen. (Hartnack IV, Zeichnenprisma Tubus eingeschoben.) *A*) Untere Epithelschichten. *B*) Stück der Substantia propria corneae.

Die Verbreitung der Nervenfasern ist eine ähnliche bei den Säugethieren, wo man besonders vom Meerschweinchen leicht gute Präparate gewinnt. Beim Frosch, wo ihre Darstellung durch Goldchlorid und Goldchloridkalium unter allen Umständen am leichtesten und sichersten gelingt, findet man den feinmaschigen Stromaplexus in den hinteren Abschnitten der Cornea näher der Descemet'schen Haut. Es bildet dieser Plexus nach Hoyer (100) das Homologon des von ihm sogenannten subbasalen Plexus bei Menschen und Säugethieren, denn von hier aus dringen die Nervenfasern beim Frosch nach vorne vor, um, ohne besondere weitere Plexusbildung, in das Epithel einzutreten. Die steil vorwärts verlaufenden Fasern sind also hier länger als bei den Säugethieren und beim Menschen. Für die Vögel und Reptilien, über welche mir keine ausreichenden eigenen Untersuchungen zu Gebote stehen, gibt Hoyer (100), ein ähnliches Verhalten an: d. h. der reiche feinmaschige Stromaplexus liegt mehr in der Tiefe der Hornhaut, und von da gehen direct längere Stämmchen gerade vorwärts zum Epithel, um den subepithelialen und intraepithelialen Plexus (bez. Netzwerk) zu bilden.

Fig. 19.

Axencylinder und Axenfibrillenplexus aus den hintern Schichten der Froschcornea. Kreuzung der Fasern, langer geradliniger Verlauf. (Hartnack, System VII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.)

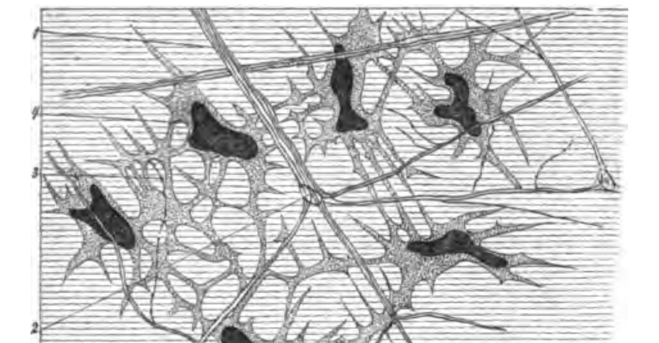
Für die Fische liegen nur die spärlichen Angaben Hoyer's (100) vor; der Goldbehandlung stellen sich hier manche Schwierigkeiten entgegen. Hoyer sah wenigstens so viel, dass in den wesentlichen Puncten: Stromaplexus, subepithelialer und intraepithelialer Plexus mit geraden durchbohrenden Fasern, dieselben Verhältnisse vorhanden sind, wie bei den übrigen Vertebraten; der Stromaplexus liegt hier aber der vordern Cornealfläche wieder näher.

Beim Frosch ziehen die Nervenfasern in den verschiedenen übereinander liegenden Schichten der Hornhaut oft fast rechtwinklig gegen einander, s. Fig. 19.

Es stimmt das überein mit der sich kreuzenden Richtung der Fibrillenbündel der Hornhaut, deren Verlaufe die Nervenfäserchen vielfach folgen. Was überhaupt die Bahnen der Nerven anlangt, so liegen die grösseren Stämme in eigenen canalförmigen Räumen der Hornhaut, den Nervencanälen (v. Recklinghausen); die feineren Stämmchen laufen vielfach in den Saftröhren, oft aber auch, wie ich finde, auf grosse Strecken unabhängig von den letzteren in eigenen Bahnen, die, wie die Saftcanälchen, in der Kittsubstanz eingegraben sind. Es dürfte allerdings schwer sein, hier einen stricten Unterschied zu machen, da die Saftcanälchen, wie bereits v. Recklinghausen gezeigt hat, mit den Nervencanälen offen anastomosiren, so dass man von den ersteren die letzteren injiciren kann. Wir können jedoch mit gutem Recht diejenigen Canäle als Nervencanäle bezeichnen, in denen ausser den Nerven nichts anderes enthalten ist, und die durch ihren Verlauf, der auf längere Strecken gerade durchgeht, sich auszeichnen.

In den grösseren Nervencanälen lassen sich durch Silberbehandlung leicht platte Zellen, welche eine Art Endothelial-Auskleidung dieser Canäle bilden, nachweisen. Die Nervencanäle erscheinen uns demnach auch durch diesen Befund, abgesehen von den Injectionsresultaten, als lymphatische Räume. Ich komme weiter unten bei Besprechung der Lymphbahnen auf diese Frage zurück. Ebensolche platte Zellen finden sich auch oft an den Knotenpuncten der Verzweigungen. Ganglienzellen habe ich niemals gefunden.

Fig. 20.

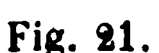


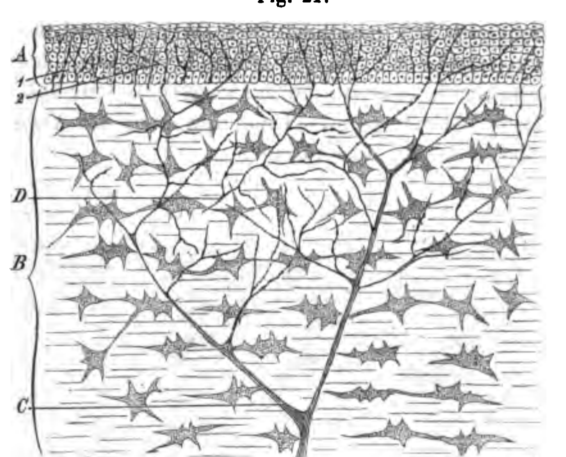
Gröbere und feinere Nervenvertheilung in der Substantia propria des Frosches. Verhältniss der Nerven zu den Hornhautzellen. Goldchlorid-Präparat. (Hartnck, System VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) 1) Nervenstamm aus mehreren marklosen Axencylindern zusammengesetzt. 2) Theilungsstelle mit anliegender Zelle. 3) Feinste variköse Axenfibrille mit scheinbar freiem Ende. 4, 4) Das Saftlückensystem der Cornea, nach Goldchloridbehandlung wie mit eine Protop lasmanetz vollkommen ausgefüllt erscheinend. In den grösseren Lücken die grossen kernähnlichen Gebilde, wie sie nach Goldchloridbehandlung vortreten.

Was das feinere histologische Verhalten der Nervenverzweigungen anlangt, so ist zunächst hervorzuheben, dass die Nervenfasern selbst zum grossen Theile den Character vollkommen nackter Axencylinder und Axenfibrillen nicht haben. Auch an den feinsten Fäserchen findet sich vielfach noch eine dünne Scheide einer zart granulirten Substanz, derselben, welche z. B. den Innenkolben der Pacinischen Körper ausfüllt, und welche man als Fortsetzung der Markscheide ansehen muss, wenn sie auch nicht mehr den Character des Markes der gröbern, doppeltconturirten Fasern an sich trägt. An den aus mehreren Axenfibrillen, bez. Axencylindern, gebildeten Stämmen ist diese Substanz deutlich als feinkörnige interfibrilläre Masse zu erkennen. Die feinsten Fasern erscheinen nach

der Goldchloridbehandlung deutlich varikös; die Varikositäten sind so regelmässig und constant, dass ich dieselben nicht als bloss anhaftende Goldpartikelchen ansehen kann; sie müssen irgendwie mit den Texturverhältnissen der Nervenfibrillen zusammenhängen; vielleicht sind es feinste Tröpfchenbildungen der begleitenden feinkörnigen Substanz, welche tröpfchenähnliche Ansammlungen freilich erst durch die Reagentien — Chromsäure wirkt ähnlich — erzeugt werden. So habe ich es auch in der Gehörschnecke gefunden. An den frisch im Humor aqueus untersuchten Corneanerven finde ich, ebenso wie Engelmann (56) und Hoyer (100), die Varikositäten nicht. Weniger deutlich als im Stroma erscheinen die Varikositäten im epithelialen Plexus, wie ich gegen Klein (115) bemerken möchte.

Hoyer (100) hat ausführlich die Frage ventilirt, ob die Nervenfasern, wie namentlich Klein (115) es will, ein wirkliches N e t z oder nur einen Plexus bilden. Im letztern Falle, den Hoyer vertritt, würden also die Axencylinder, resp Axenfibrillen, niemals mit einander verschmelzen, sondern stets, wo sie sich scheinbar auch berühren, nur neben einander herlaufen, sich unter verschiedenen Winkeln kreuzend, oder der eine plötzlich in die Richtung des anderen umbiegend. Ich kann Hoyer für alle im Stroma verlaufenden Fasern, und auch für die des subepithelialen Plexus, nur beistimmen; dagegen, glaube ich, kann man das Vorhandensein eines wirklichen Netzes mit der Verschmelzung verschiedener Axenfibrillen im intraepithelialen Nervenlager nicht in Abrede stellen. Demgemäss muss ich ein intraepitheliales Netzwerk feinster Axenfibrillen als eine der Endigungsweisen der Hornhautnerven ansehen. Freie Enden, d. h. frei auslaufende Fädchen, kommen an allen Goldpräparaten, besonders im feinen Stromaplexus, zu Gesicht; doch dürfen wir diese nicht ohne Weiteres als wirkliche freie Enden auffassen, da das Goldchlorid, und dieses allein kann mit Erfolg für die feinsten Axenfibrillen gebraucht werden, nicht untrügerisch ist. Es bleibt immer die Möglichkeit offen, dass bei solchen scheinbar freien Enden nur eine unvollständige Goldwirkung vorliegt. Ich habe niemals beobachten können, dass Nervenfäden mit frei flottirenden Enden über das Niveau des vorderen Epithels herausragten, oder mit regulären Endknöpfen (Cohnheim) versehen ge-


Fig. 21.



Schrägschnitt aus der Cornea des Menschen. Goldchloridpräparat. Nervenverästelung. (Hartnack V, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) *A*) Epithel mit dem intraepithelialen Nervenplexus und Nervennetze. *B*) Substantia propria corneae. *C*) schräg aufsteigendes, sich baumförmig und doldenförmig verästelndes Axencylinderbündel. Theilung einzelner Axencylinder in varikös erscheinende Axenfibrillen; Uebergang von Axencylindern und Axenfibrillen in das Epithel. *D*) Einzelne sich wiederholt theilende Axencylinder aus dem oberflächlich liegenden Stromaplexus. 1 u. 2 Netzförmige Querverbindung je zweier Axenfibrillen innerhalb des Epithels.

wesen wären. Ebensowenig habe ich einen Zusammenhang der Nervenfäden mit den Epithelzellen, bez. deren Kernen, oder mit den Hornhautzellen oder den Endothelzellen der Descemet'schen Haut, wie namentlich Kühne (129) und Lipmann (149) es behauptet haben, gesehen. Auch besondere Endorgane, wie sie Inzani (109), s. w. unten, beschreibt, sind mir niemals vorgekommen.

Auf den ersten Blick mag der grosse Nervenreichthum der Hornhaut auffällig erscheinen, denn einen so reich verzweigten Nervenplexus hat man bisher noch in keinem andern Organe aufgefunden. Jeder, der zum ersten Male ein gelungenes Goldbild der Cornea sieht, wird einige Zweifel überwinden müssen, ehe er sich dazu versteht, alles das als Nerven anzuerkennen, was die Imprägnation mit dem Goldsalz als solche zeigt. Aber es können gegen die Unzweideutigkeit der Bilder keine Einwände erhoben werden, wenn es gelingt, — und es gelingt an guten Präparaten immer — eine grosse Anzahl der feinsten Fibrillen bis zu sicher als solchen zu erkennenden Nervenfasern zurück zu verfolgen. Dazu kommt namentlich noch die besonders von W. Kühne und Engelmann gegebene Verification durch die Untersuchung des frischen Präparates. Uebrigens scheint mir die ganze Art der Nervenverzweigung in der Cornea und Conjunctiva, s. w. unten, mit den physiologischen Aufgaben jener Theile des Auges im besten Einklange zu stehen. An der Stelle, durch welche das Licht in das Auge dringen soll, musste eine möglichst ausgebildete Sensibilität entwickelt sein, um bei der leisesten fremdartigen Einwirkung reflectorisch den Schutzapparat der Lider in Bewegung zu setzen. Auch war es wol nur auf diese Weise möglich, den unwillkürlichen Lidschlag, der für das Auge so nothwendig ist, zu unterhalten. Auch die reiche Verzweigung der Nerven im Stroma erklärt sich, wenn wir auch daselbst keine wirklichen Endigungen annehmen wollen; denn für die Durchsichtigkeit der Hornhaut ist eine möglichst feine und gleichartige Vertheilung der verschiedenen Gewebe eine unerlässliche Bedingung. Vielleicht äussern sogar die Lichtstrahlen selbst auf diese Nerven einen gewissen Einfluss, der zu reflectorischen Bewegungen am Sehapparat führt, eine Frage, die wol experimentell in Angriff genommen werden könnte.

Binnen wenigen Jahren ist, wie ein Blick auf die treffliche Hoyer'sche Zusammenstellung (100) zeigt, die Literatur der Hornhautnerven zu einem Umfange angewachsen, wie ihn nur wenige Specialcapitel der Histologie in gleicher Weise zeigen dürften. Ich kann den 50 von Hoyer aufgeführten Schriften noch hinzugesellen: die Hoyer'sche ausgezeichnete Arbeit selbst, ferner die Mittheilung der Lavdowsky'schen Untersuchungen im 2. Bande des Max Schultze-schen Archivs, die Arbeiten Inzani's, Jullien's (109), Durante's (51) und v. Thanhofer's (234 a).

Schlemm (213), der Entdecker der Hornhaut-Nerven, vermochte die letzteren nur bis zu den Randpartieen der Cornea zu verfolgen; und selbst diese seine Angaben fanden anfangs bei Fr. Arnold (6) — der sie jedoch später (7) anerkannte — Hueck (101), Engel (55) und Beck (12) Widerspruch. Nicht viel weiter als Schlemm kamen die ersten bestätigenden Angaben von Bochdalek (17) und Valentin (241). Später (18) bildet Bochdalek schon ein »weitmaschiges Nervennetz« in der Cornea ab und nähert sich somit seinen unmittelbaren Vorgängern Pappenheim (184, 185) und Purkyne (190), welche zuerst von einem »Nervennetze« in der Cornea gesprochen haben. Purkyne vermuthet ein allseitig geschlossenes Netz; Pappenheim sah die Fasern bereits in den vordersten Lagen der Cornea und nimmt ausser den Netzen auch die für die damalige Zeit unerlässlichen Endschlingen (beim Menschen) an. Ebenso war er der Erste, welcher die seither von fast Allen, zunächst von Coccius, bestätigten Kerne an den Nervenfasern gesehen hat.

Die Angaben von Brücke (25), so wie die älteren Mittheilungen von Kölliker (119), Gerlach (68), Luschka (152), Strube (232), Rahm (192) und Coccius (36) bringen nichts wesentlich Neues. Nur ist hervorzuheben, dass Luschka sich gegen die Endschlingen Pappenheim's ausspricht, so wie er auch die Existenz von Nerven in den hinteren Schichten der Hornhaut verneint, und von der *Conjunctiva bulbi* aus ebenfalls Nerven zur Hornhaut treten sah, die dann bald von Coccius und Kölliker (117) bestätigt wurden. Des Letzteren Darstellung ist für die damalige Zeit eine der genauesten und ausführlichsten und auf fast alle Wirbelthierklassen ausgedehnt. Als Hauptresultat kommt Kölliker zur Annahme eines Netzwerkes markloser Fasern in den vordersten Lagen der *Substantia propria corneae*, hervorgegangen aus dichotomischer Theilung. Er läugnet dagegen bestimmt Nervenfasern an der Descemet'schen Haut und im hintern Drittheil der Hornhaut selbst. Gegen freie Enden will er sich nicht mit Bestimmtheit äussern.

In einer Anzahl hierauf folgender Arbeiten und Notizen von His (91), Remak (199), Henle (83, 86), W. Krause (123), Coccius (36), J. Arnold (8), Saemisch (209) und Ciaccio (29) dreht sich die Darstellung hauptsächlich um die Existenz eines wirklich terminalen Netzes markloser Fasern, und um das Vorhandensein von Ganglien an den Knotenpuncten dieses Netzes. Beides wurde wesentlich durch His angeregt und vertreten, von Remak gleich darauf in einer gelegentlichen Anmerkung kurz bestritten. Für das Endnetz sprachen: J. Arnold, Leydig (146), Saemisch und Ciaccio; gegen dasselbe: Henle und W. Krause. Die von His als Ganglienzellen gedeuteten Gebilde sind offenbar die Pappenheim'schen Kerne, die fast von allen Autoren bestätigt wurden, und die ich oben als Kerne platter Zellen, welche den Nerven anliegen, ansprach. Als Ganglienzellen erkannten sie an Coccius, Lightbody (147) und neuerdings Lavdowsky (137, 138), während Durante (51) wiederum ihre gangliöse Natur in Abrede stellt. Aus Saemisch's Arbeit ist noch hervorzuheben die Erwähnung eigenthümlicher schlauchförmiger Gebilde im Niveau des vorderen Endnetzes (Maus, Kaninchen, Ratte) und die Angabe von Nerven, welche durch die Hornhaut nur hindurchtreten. Die Schläuche sollen nach Hoyer (100) die Canäle sein, welche die sogenannten durchbohrenden Nervenfasern passiren, um ins Epithel zu gelangen. W. Krause spricht von zwei Beobachtungen einer knopfförmigen Endigung von Nervenfasern. Ciaccio läugnet die Theilungen der Nervenfasern: der Anschein einer Theilung entstehe nur durch das Auseinanderweichen zweier neben einander gelegener Fibrillen.

Zwei wesentlich neue Gesichtspuncte für die Hornhautnerven wurden gewonnen durch die äusserst wichtigen Untersuchungen von Hoyer (99) und Cohnheim (37, 38), welche den Durchtritt der Nervenfasern durch die vordere Basalmembran und den Eintritt in das Epithel entdeckten, und dann durch die Angaben Kühne's (129), dass jede Nervenfibrille sich mit *einer* Hornhautzelle verbände und als motorische Faser für diese Zelle, deren Beweglichkeit *er bekanntlich* nachwies, fungire. Hoyer's und Cohnheim's Fund wurde bald von allen Seiten bestätigt, nachdem uns Cohnheim im Goldchlorid ein Reagens kennen gelehrt hatte, welches als eine der werthvollsten Bereicherungen der histologischen Technik angesehen werden muss. Es erhoben sich aber neue Schwierigkeiten bezüglich der Lage der feinsten Nervenplexus und namentlich insofern, als ein Entscheid darüber zu treffen war, ob jene reichen Nervenverästelungen in der Hornhaut und im Epithel, welche die Goldbehandlung aufdeckte, nur einen Nervenplexus, oder ein Nervennetz darstellten. Für die Netzbildung sind Lightbody, Cohnheim (für die nach ihm innerhalb der Reichert'schen Lamelle gelegenen Nerven), Kölliker (120) (für die subepithelialen Fasern), Tolotschinow (236), Petermöller (187), Lipmann (149) (spricht von »bekannten wirklichen Netzen« l. c. p. 220), Lavdowsky (138), besonders Klein (115) und Durante (51). Als blosse Geflechte ohne echte Anastomosen werden die feineren Verzweigungen angesehen insbesondere von Hoyer (100), Engelmann (56), Cohnheim (für die unterhalb der Reichert'schen Lamelle gelegenen Fasern), Rollett (206); Letzterer zweifelt wenigstens stark an der Existenz wirklicher Netze.

Was die Lagerungsverhältnisse anlangt, so gebührt Hoyer das Verdienst, zuerst mit Entschiedenheit den Durchtritt stärkerer Nervenästchen durch die Reichert'sche Lamelle gezeigt

zu haben. Eine solche Lamelle nimmt er auch beim Frosch, Meerschweinchen und Kaninchen an, wo sie von Anderen vermisst wurde. Ich kann hierin HOYER nur beistimmen. Nächstdem hat ENGELMANN diesen Durchtritt am besten geschildert und die dafür bestimmten Canäle »Nervenporen« benannt. In Bezug auf die Verhältnisse der Nerven zum Epithel spricht sich HOYER in seiner ersten Mittheilung noch nicht näher aus. COHNHEIM lehrte uns zuerst die reichliche Geflecht- bez. Netzbildung durch feinste aus der Theilung von Axencylindern hervorgegangene Axenfibrillen kennen; er verlegte aber dieses Nervengeflecht irrthümlicher Weise in die Reichert'sche Lamelle selbst, die er deshalb »*Stratum nervosum*« zu nennen vorschlug. Nur LAVDOWSKY stimmt neuerdings zu, indem er das sog. subepitheliale Geflecht in die vordersten Schichten der Basalmembran verlegt. Ferner demonstrirte COHNHEIM zuerst den so überaus wichtigen Eintritt der Nerven in das Epithel bis zu dessen obersten Schichten. Ist eine vordere homogene Lamelle bei allen den zur Untersuchung gewöhnlich verwendeten Thieren vorhanden, wie ich mit HOYER annehmen muss, so ist es auch berechtigt zu fragen, wie die Nervennetze sich zu dieser Lamelle verhalten. Hier hat dann KÖLLIKER (120) zuerst gezeigt, dass der von COHNHEIM in die Basalmembran selbst verlegte Plexus oberhalb derselben, also im strengsten Wortsinne »subepithelial« liege. Die durchbohrenden Fasern sind nach ihm noch Axencylinderbündel, nicht feinste variköse Fädchen, wie COHNHEIM wollte. Er erkennt dann auch die beim Frosch in den hintern Schichten gelegene feinere Nervenverzweigung an, welche bekanntlich KÜHNE zuerst geschildert hat. HOYER hat in seiner neuesten Mittheilung (100) die Lagerungsverhältnisse auf das eingehendste berücksichtigt; ROLLETT's Darstellung kommt auf dasselbe hinaus, und ich kann mich derselben ebenfalls anschliessen. Nur habe ich geglaubt, um eine übereinstimmende Beschreibung für alle Wirbelthiere leichter geben zu können, anstatt des Namens »subbasaler Plexus« den Namen »Stromaplexus« setzen zu sollen, da erstere Bezeichnung leicht die Vorstellung erweckt, als läge dieses Geflecht immer dicht unter der vorderen homogenen Lamelle.

Andere hierher gehörige Einzelheiten anlangend, so muss erwähnt werden, dass COHNHEIM und KÖLLIKER zuerst die hoch oben im Epithel horizontal verlaufenden Fäden beschrieben haben, und dass ferner COHNHEIM bei Meerschweinchen vertikal bis über das Niveau des Epithels aufsteigende Fäden annimmt, und die Nervenfibrillen im Epithel mit kleinen knopfartigen Verdickungen, den sogenannten »Endknöpfchen« enden lässt. Diese Angaben sind bis jetzt nicht bestätigt worden. KLEIN, der die ausgiebigsten Epithelpräparate gehabt zu haben scheint, nimmt zwei übereinander gelegene intraepitheliale Plexus an.

In Bezug auf die wichtigste hierhergehörige Angabe KÜHNE's von der Endigung der Nerven in den Hornhautzellen ist zu bemerken, dass dieselbe in jeder Weise von LIPMANN gestützt worden ist; Letzterer nimmt eine Endigung der Nervenfibrillen in den Kernkörperchen der Hornhautzellen und den Endothelzellen der Descemet'schen Membran an, womit LAVDOWSKY wenigstens für die Hornhautzellen übereinstimmt (Endigung in Kernen oder in Kernkörperchen). Unentschieden in dieser Beziehung bleibt MOSELEY (167). Alle übrigen Forscher haben sich gegen KÜHNE erklärt. — Ein freies Auslaufen der Nervenfasern ohne besondere Endorgane ward von vielen Autoren: ENGELMANN, HOYER, KÖLLIKER u. A. zugegeben, unterliegt jedoch den oben geltend gemachten Zweifeln. Abgesehen von den Endknöpfchen KRAUSE's und COHNHEIM's haben INZANI und JULLIEN (109), so wie neuerdings LAVDOWSKY, besondere dreieckige und glockenähnliche Körper beschrieben, in welche die Nerven eintreten sollen. Vielleicht sind das nur die bekannten Pappenheim'schen Kerne. — DURANTE (51) beschreibt jüngst eine Endothelauskleidung der Nervencanäle, worin ich ihm beipflichten kann und dabei bemerken will, dass bereits RANVIER (Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Arch. de physiol. norm. et patholog. 1872.) von einer Endothelscheide der Corneanerven des Frosches spricht. Dasselbe findet sich bei v. THANHOFER (234 a).

§ 20. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Hornhaut, über welche ich selbst keine eigenen weitergehenden Untersuchungen angestellt habe, finden sich, soweit bekannt, ausführlich erörtert bei HIS (91). Ich hebe unter den

physikalischen Eigenthümlichkeiten der Cornea die grosse Quellbarkeit, die Festigkeit, Elasticität, ihre Transparenz, ihr Lichtbrechungsvermögen, so wie die an ihr beobachteten Polarisationserscheinungen hervor. Die Transparenz beruht sicher zum grossen Theile auf der regelmässigen Anordnung der Fibrillen und der normalen Füllung des Saftcanalsystems. [1]) Als Polarisationserscheinungen, über welche man auch BREWSTER (Phil. Transact. 1816), WILH. MÜLLER (Zeitschr. f. rat. Medic., 3. Reihe, Bd. X, p. 173), v. LANG (131), VALENTIN (243) und ROLLET (206) consultiren möge, sind zu erwähnen, dass die fibrilläre Grundsubstanz doppelt brechend ist, diese Eigenschaft aber nach dem Aufquellen im Wasser verliert. Die beiden Grenzlamellen, sowie die Hornhautlücken sind einfach brechend. Ganze Hornhäute zeigen unter dem Polarisationsmikroscop einen hellen Ring am Rande, der durch vier dunkle Puncte unterbrochen ist (HIS), oder auch ein dunkles Kreuz, wie BREWSTER und VALENTIN fanden, das beim Drehen der Hornhaut um eine senkrechte auf dem Scheitel derselben stehende Axe seine Lage nicht ändert. Nimmt man hinzu, dass, wie HIS gezeigt hat, die quergetroffenen Hornhautbündel auf einem Durchschnitt zwischen gekreuzten Nicols in allen Azimuthen dunkel bleiben, während längs- und schrägverlaufende Fasern abwechselnd hell und dunkel erscheinen, so lässt sich daraus schliessen, einmal, dass die meridionale Faserrichtung in der Hornhaut überwiegt, und dass die optische Axe der Faserrichtung parallel läuft. (Vgl. hierüber ROLLETT (106) p. 1110).

In chemischer Beziehung hat die Hornhaut durch die Angabe JOH. MÜLLER's (169), dass ihre durch mehrstündiges Kochen in destillirtem Wasser gewonnene Lösung keinen gewöhnlichen Bindegewebs- oder Knochenleim, sondern Chondrin, Knorpelleim, enthalte, ein besonderes Interesse erlangt. Neuere Untersuchungen von KÜHNE (Lehrbuch der physiol. Chemie), HIS (91), SCHWEIGGER-SEIDEL (222) und BRUNS (in HOPPE-SEYLER's medic.-chemischen Unters. Hft. 2, 1867) haben mancherlei Unterschiede der Cornealösung, des sog. Cornealeims, auch vom Knorpelleim ergeben, so dass die Cornea in dieser Beziehung also von den beiden grossen leimgebenden Gewebsgruppen verschieden ist. Allerdings sind unsere Kenntnisse dieser Verhältnisse noch sehr lückenhaft, weshalb ich die einzelnen Daten hier auch nicht aufreihen mag, sondern auf die citirten Originalabhandlungen verweise. — BRUNS und später SCHWEIGGER-SEIDEL haben Myosin aus der Hornhaut dargestellt, KÜHNE Paraglobulin, FUNKE (Lehrb. d. Physiol. 4. Aufl. II, p. 198) Albumin, Casein und Natronalbuminat. Ein Alkalialbuminat erhielt auch BRUNS aus dem wässerigen Hornhautextract. ROLLETT zeigte, dass durch übermangansaures Kali wahrscheinlich alle Eiweisskörper der Hornhaut zerstört werden, da die so behandelten Hornhautstücke keine Xanthoproteinreaction mehr geben. Ich habe vorhin mit SCHWEIGGER-SEIDEL angenommen, dass das Myosin der Hornhaut aus der interfibrillären Kittsubstanz abstamme, während BRUNS dasselbe auf die Hornhautzellen bezieht. In dieser Beziehung ist zu bemerken, dass bei der Extraction mit 10 pc. Kochsalzlösung behufs der Myosingewinnung (SCHWEIGGER-SEIDEL) die Hornhautzellen erhalten bleiben. — Bei AL. SCHMIDT (215) finden wir die interessante Notiz, dass die Hornhautsubstanz und das Kammerwasser fibrinoplastische Eigenschaften zeigen.

---

[1]) Die neuesten Untersuchungen LEBER's (143 a) lehren, dass nach Entfernung des Endothels der vorderen Kammer auch am lebenden Auge die Hornhaut aufquillt und trübe wird.

Sklera.

§ 21. Die histologische Grundlage der Sklera bildet ein feinfibrilläres Bindegewebe, dessen Bündel, bez. Fibrillenzüge, wie bei den übrigen sogenannten »derben fibrösen Häuten« (Dura mater, Periost, bindegewebige Grundlage der Cutis) in mannichfaltiger Weise unter einander verflochten sind. Zwischen den Bindegewebsbündeln lagern feine, netzförmig verbundene elastische Fasern, die aber nur einen geringen Bruchtheil des Skleralgewebes ausmachen. Wie bei der Cornea unterscheiden wir an der Sklera: a) das fibrilläre Grundgewebe. b) Die interfibrilläre Grundsubstanz. c) Den saftleitenden Apparat und d) die in den letzteren eingelagerten zelligen Elemente. Wir können diese vier Bestandtheile kurz als die »constituirenden Elemente« der Sklera bezeichnen. Wir reihen an die Besprechung derselben eine kurze Beschreibung der Gefässe und Nerven, so wie ein paar Bemerkungen über einige abweichende Regionen der harten Haut des Bulbus und ihre Verschiedenheiten bei den einzelnen Wirbelthierklassen.

§ 22. Constituirende Elemente der Sklera. Die äusserst feinen Fibrillen, aus denen die Hauptmasse der Sklera besteht, sind durch eine geringe Menge interfibrillärer Grundsubstanz zu Bündeln von wechselnder Stärke vereinigt. Diese Bündel selbst verflechten sich untereinander nach den verschiedensten Richtungen, von denen aber die äquatoriale und meridionale (in Beziehung auf den Kugelumfang des Bulbus gefasst) die vorherrschenden bleiben. Rein transversale und vertikale Bündel, welche also die Dicke der Sklera lothrecht durchsetzen würden, kommen nicht vor; dagegen zahlreiche schief diese Dicke durchmessende Züge, welche der Art entstehen, dass viele meridionale und äquatoriale Bündel nach meist kurzem Verlauf in andere Ebenen umbiegen, und sich dabei mit benachbarten in anderer Richtung streichenden Bündeln durchflechten.

Es lässt sich keine für den ganzen Umfang der Sklera geltende Faserrichtung angeben, und kann ich Henle (84) nicht zustimmen, wenn er in den äusseren Schichten im Allgemeinen die meridionalen, in den inneren die äquatorialen Faserzüge vorwalten lässt. Wie ich sehe, befinden sich um den Opticus-Eintritt in den inneren Schichten viel meridionale, in den äusseren viel äquatoriale Fasern. In der Mitte des Bulbus-Umfanges sind allerorten fast gleichviel äquatoriale und meridionale Fasern vorhanden. In der Nähe des Cornealfalzes bringen die Augenmuskelsehnen viel äussere meridionale Fasern hinzu, und dicht am Schlemm'schen Canale treten wieder zahlreiche äquatoriale Bündel auf.

Die Fibrillärenbündel sind in zweifacher Weise an einander gefügt. Einmal zweigen sich vielfach kleinere Fibrillenzüge von einzelnen Hauptbündeln ab, um mit benachbarten Bündeln anderer Richtung weiter zu ziehen (Gewebsverbindung). Das andere Mal sind sämmtliche Bündel durch dieselbe interfibrilläre Grundsubstanz, welche auch die einzelnen Fibrillen untereinander zusammenhält, verlöthet. Diese Bündel-Verlöthung ist eine weniger feste, als die der einzelnen Fibrillen untereinander. (Verkittung).

In die Kittsubstanz sind, genau so wie in der Cornea, Saftlücken mit davon ausgehenden Saftcanälchen eingegraben. Die Saftlücken enthalten die Skleral-

zellen und zwar pigmentirte und pigmentlose, ferner vereinzelte Wanderzellen und den klaren lymphatischen Gewebssaft. Die Verhältnisse gleichen im Wesentlichen durchaus den oben bei Besprechung der Cornea ausführlich erörterten. Ich kann daher an dieser Stelle mich auf die Darlegung einiger Besonderheiten und Abweichungen beschränken. Vorerst will ich jedoch mit Rücksicht auf die neuere Darstellung von Michel (163), welcher an Stelle eines regulären Saftcanalsystems einfach die Lücken zwischen den Fibrillenbündeln setzt, hervorheben, dass man die Saftlücken und Saftcanälchen der menschlichen Sklera durch Silberimprägnation sehr leicht und immer in denselben Formen darstellen kann. Durch Färbung mit Haematoxylin lassen sich dann nachträglich noch die Skleralzellen innerhalb der Saftlücken deutlich machen. v. Recklinghausen (195) vergleicht die Saftlücken in der Sklera mit den mehr unregelmässigen Formen, wie sie sich in den mittleren Schichten der Dura mater finden sollen. Ich erhielt mitunter beim Menschen auf kurze Strecken ein fast ebenso regelmässig und zierlich gebautes Canälchensystem, wie in der Cornea.

Die pigmentlosen Skleralzellen (fixen Skleralzellen) verhalten sich genau so wie die Hornhautzellen. Sie stellen dünne endotheliale Platten dar, um deren Kern meist noch ein geringer Rest von feinkörnigem Protoplasma erhalten ist. Kernkörperchen lassen sich, ebenso wie bei der Hornhaut, nicht immer wahrnehmen; in manchen Zellen sind sie deutlich vorhanden. In einzelnen grössern Saftlücken finden sich mehrere platte Zellen. Sie liegen dort überall der einen oder der anderen Wand der Saftlücke dicht an. Zerreisst und zerzupft man das Skleralgewebe mit Nadeln, so gewinnt man vielfach Präparate, in denen die platten Zellen den isolirten Fibrillenbündeln äusserlich aufliegen. Das erklärt sich aber eben so einfach, wenn man ein reguläres Saftcanalsystem annimmt, als wenn man nur ein beliebiges Lückensystem, die Interstitien zwischen den Fibrillenbündeln, gelten lassen will.

In der menschlichen Sklera sind die Pigmentzellen nur sehr spärlich vorhanden; sie finden sich regelmässig nur in der Nähe des Opticuseintrittes und am Cornealfalze in den tieferen Lagen. Desto häufiger kommen sie bei Thieren vor, wo sie, so weit meine Kenntniss reicht, fast bei keiner Species im ganzen Gebiete der Sklera zu fehlen scheinen. Sie ändern hier bei den verschiedenen Arten mit der Form ab. Beim Rind sind sie z. Th. äusserst langgestreckte Körper mit spiessförmigen Auläufern, wie man am besten am Cornealrande erkennen kann. Bei der Katze hingegen bilden sie kürzere Zellen von mehr regelmässiger Sternform. Isolirt stellen sie sich als dieselben platten Elemente dar, wie die übrigen pigmentlosen Skleralzellen; das Pigment haftet hier überall dem in etwas reichlicherer Menge noch vorhandenen Reste des granulirten Protoplasma, welches auch die Ausläufer aussendet, an.

Wanderkörperchen begegnet man bei der Untersuchung frischen Skleralgewebes nur sehr selten. Die Natur der Sache bringt es bei der Undurchsichtigkeit des Gewebes mit sich, dass man hier mit Sicherheit über die Bahnen, in denen sie sich bewegen, Nichts aussagen kann. Die Verhältnisse bei der Hornhaut lassen vermuthen, dass sie auch bei der Sklera sich im Saftcanalsystem aufhalten und bewegen.

Die Hauptunterschiede in der Textur der Sklera und Cornea liegen in der Disposition der Fibrillenbündel und der dadurch bedingten Unregelmässigkeit in

der Anordnung des Saftcanalsystems, und in der Anwesenheit von Pigmentzellen. Dazu kommt noch als chemische Differenz der Umstand, dass das Skleralgewebe gewöhnlichen Leim gibt. Wie wir gesehen haben, sind die Bündel der Sklera in den verschiedensten Richtungen durcheinander geflochten, eine Stratification in Lamellen ist nicht zu erkennen, wenigstens nicht auf grössere Strecken. Auch findet sich keine Spur regelmässiger Ueberkreuzung der Fibrillen. Sonach können auch die Saftcanälchen und Saftlücken, welche der interfasciculären Kittsubstanz folgen, nicht in so regelmässigen Lagen angeordnet sein, wie in der Hornhaut, und werden meist auch unregelmässigere Formen darbieten müssen.

§ 23. Gefässe der Sklera. Wir haben bei den Blutgefässen der Sklera die eigenen Ernährungsgefässe dieser Membran von den dieselbe nur durchsetzenden Gefässen zu unterscheiden. Die eigenen Ernährungsgefässe stammen von den *Aa. ciliares posteriores breves et longae*, sowie von den *Aa. ciliares anteriores*. Diese Gefässe durchsetzen den supravaginalen Lymphraum (Schwalbe, Michel) sowie weiter vorn den Tenon'schen Raum, wovon später die Rede sein wird. H. Müller (174) hat an den Ciliararterien eine eigene Scheide mit elastischen Fasern und verlängerten Kernen beschrieben, welche Michel (163) in dieser Weise nicht auffinden konnte. Der Letztere gibt an, was ich bestätige, dass die *Adventitia* der Arterien von dicht verwebten Bindegewebsbündeln umschlossen sei, welche eine geringe Menge platter Bindegewebszellen führen. Venen, Capillaren und Ciliarnerven haben eine eigenthümliche zellige Scheide (Michel), welche aus Endothelzellen gebildet wird, die, wie ich finde, protoplasmareicher sind, als die gewöhnlichen Endothelzellen. Ich möchte diese Scheide mit Eberth als »Perithelscheide« bezeichnen und erinnere daran, dass, wie ich gezeigt habe (Virchows Arch. f. pathol. Anat. Bd. XLIX. S. 48), diese Perithelzellen an vielen Orten des Körpers eine besondere Entwickelung zu grossen protoplasmareichen Zellen erfahren, wie z. B. in der sogenannten Zwischensubstanz des Hoden. Dieselben Perithelzellen, nur nicht so stark entwickelt, wie im Hoden, finde ich auch an den eigenen Ernährungsgefässen der Sklera. Letztere, kleine Arterien, Venen und Capillaren, sind spärlich, zeigen sich besonders in den oberflächlichen Skleralschichten und am vorderen und hinteren Abschnitte der harten Augenhaut. Hämatoxylinpräparate lassen das Blutgefässnetz der Sklera oft in vollständigster Weise hervortreten. — Die Gefässe am Hornhautfalze sollen später besprochen werden.

Als durchtretende Gefässe haben wir die zum Inneren des Auges ziehenden Stämme der Ciliararterien und die *Venae vorticosae* zu erwähnen. Bemerkenswerth ist, dass die langen und vorderen Ciliararterien und die *Venae vorticosae*, namentlich die letzteren und die langen Ciliararterien, die Sklera in sehr schräger Richtung durchbohren. Am besten lässt sich das an den Augen grösserer Thiere, wie z. B. an denen der Ochsen und Pferde zur Anschauung bringen. In diesen Gefässcanälen liegt etwas lockeres Bindegewebe mit reichlichen Zellen. Die *Venae vorticosae* sind ausserdem, wie Schwalbe gezeigt hat (219), von perivasculären Lymphräumen umgeben, welche den Perichoroidealraum mit dem Tenonschen Raume in Verbindung setzen. Mit eigenen Wandungen versehene Lymphgefässe kommen in der Sklera nicht vor. Ueber die Lymphbahnen derselben wird

Cornealfalzes, verwächst dort mit der *Conjunctiva Scleroticae* und schlägt sich dann in das äussere Kapselblatt um. Zwischen beiden Blättern liegt ein spaltförmiger Raum, der Tenon-sche Raum (SCHWALBE), welcher demnach ebensoviel zipflige Ausbuchtungen resp. Aushackungen nach vorn sendet, als Interstitien zwischen den Ansätzen der Augenmuskeln vorhanden sind. Das aus den supramuskulären Ausbuchtungen zwischen den Muskelinterstitien zurückkehrende obere Blatt der Tenon'schen Kapsel geht nun unterhalb der Augenmuskeln nach hinten weiter. Beide Blätter, so wie der zwischen ihnen befindliche Raum, setzen sich am hinteren Pole des Bulbus auf die Sehnervenscheide fort bis zum Anfange des *Canalis opticus*, und treten auf dieser Strecke zur *Vagina nervi optici* und den hinteren Theilen der Augenmuskeln in dasselbe Verhältniss, wie früher zur Sklera und zu den vorderen Theilen der Muskeln. Der hier zwischen den Kapselblättern befindliche Raum ist von SCHWALBE als »supravaginaler Raum« bezeichnet worden. Auf die Communication dieses Raumes, der also die hintere Fortsetzung des Tenon'schen Raumes bildet, mit dem Arachnoidealraume komme ich weiter unten zurück. Bei denjenigen Thieren, welche, wie z. B. das Schwein, ausser dem vorderen noch einen hinteren Muskelkegel haben, den *Musculus retractor bulbi*, ist der Tenon'sche Raum an der Insertion dieses Muskels in die Sklera bis auf einzelne spaltförmige Communicationsöffnungen unterbrochen. Das äussere Blatt der Tenon'schen Kapsel ist, wie SCHWALBE angibt, vom *Retractor bulbi* meist durch eine Fettschicht getrennt.

Die histologischen Verhältnisse dieser Bildungen anlangend, so wurde vorhin bereits die endotheliale Auskleidung des Tenon'schen Raumes, der sich danach ganz wie ein Lymphsack verhält (cf. § 42) und die lockere Verbindung des inneren, sehr dünnen Kapselblattes mit der Sklera erwähnt. Hier ist noch nachzutragen, dass die Grundlage beider Kapselblätter ein reich mit feinen elastischen Fasern ausgestattetes feinfibrilläres Bindegewebe darstellt. Innerhalb des Tenon'schen Raumes ziehen feine Bindegewebsbalken, die mit Endothel bekleidet sind, von einer Kapselwand zur anderen.

Die innere, der Choroidea zugewendete Fläche der Sklera ist, ebenso wie die Aussenfläche der Choroidea, vom Opticuseintritte an bis nahe zum Cornealfalze hin mit einem Ueberzuge grosszelligen Endothels versehen, wie ich SCHWALBE (217) bestätigen kann. Von der Choroidea zur Sklera spannen sich Gefässe und Brücken eines eigenthümlichen, aus dünnen elastischen Häutchen mit eingewebten elastischen Fasern bestehenden Gewebes hinüber, welche beide Membranen locker aneinander befestigen. Diese elastischen Häutchen hängen, was zuerst von HENLE (84) angegeben wurde, mit den elastischen Fasernetzen zwischen den Bündeln der Sklera zusammen. Der auf diese Weise mehrfach unterbrochene kugelschalenförmige Spaltraum zwischen Sklera und Choroidea, der von SCHWALBE sogenannte »Perichoroidealraum«, hat demnach den Bau eines Lymphraumes, und ist, wie weiter unten des Genaueren erörtert werden soll, auch als solcher zu betrachten. Als eine continuirliche Ausbreitung konnte ich beim Menschen den Endothelbelag des Perichorioidealraumes nicht darstellen. Die Endothelzellen sind hier auffallend gross, ihre Kerne liegen in der Nähe der einen oder der anderen Zellenecke. Man überzeugt sich leicht, dass sie oberhalb der Pigmentzellen gelegen sind.

Besondere Beachtung verdient das Verhalten der Sklera an der Eintrittsstelle des *N. opticus*. Nach den gewöhnlichen Angaben geht die Scheide des Opticus überall direct in die Sklera über, indem sie sich gewissermaassen, ebenso wie der Nerv in die Retina, in die harte Bulbushülle kugelschalenähnlich ausdehne. Dabei bestehe aber an der Stelle, wo der Nerv eintritt, keine complete Oeffnung in dieser Kugelschale, sondern es gehen daselbst Faserbündel der Sklera allseitig brückenartig von einer Seite zur andern hinüber, indem sie den Nerven

durchsetzten und ihn in einzelne kleine Bündel abtheilten. Entferne man die Nervenfasern durch Maceration, so blieben diese Faserbrücken übrig, ein Gitterwerk mit kleinen Lücken bildend; das ist die *Lamina cribrosa sklerae* der Autoren.

Bei genauerer Prüfung der Dinge zeigen sich nun die Verhältnisse nicht ganz so einfach angelegt. An der Scheide des *N. opticus* kann man von aussen nach innen zählend drei, bez. vier Lagen unterscheiden: 1) die äussere derbe Scheide, 2) den intervaginalen Lymphraum mit seinem eigenthümlichen Balkennetze (subvaginaler Raum Schwalbe), 3) die innere Opticusscheide, welche aber wieder in 2 verschiedene Schichten sich zerlegen lässt, und zwar in eine dem Lymphraume zunächst gelegene Schicht, in der, wenigstens in der Nähe der Sklera, vorwiegend circuläre Fasern vorkommen, und in eine innerste, unmittelbar den Opticusfasern aufliegende Scheide, welche feine längsverlaufende Fasern enthält; diese Lage stellt das eigentliche Neurilem des *N. opticus* dar. Von allen vier, oder, wenn man die beiden zuletzt erwähnten Lagen in eine zusammenfasst, drei Schichten, gehen nun Fasern in die Sklera über. An letzterer selbst kann man in der unmittelbaren Nähe des Opticus-Eintrittes eine äussere Schicht, welche viele äquatoriale Fasern enthält, und eine innere, in denen die meridionalen Züge vorwiegen, unterscheiden. Letztere Schicht erscheint hier auch bei weitem fester gefügt als die äussere. Die äussere Opticusscheide geht nun direct in die äussere Lage der Sklera über. Unmittelbar vor dem Umbiegen in die Sklera lässt sie sich leicht in mehrere Blätter spalten, doch sind deren nicht so regelmässig vier, wie Michel (163) angegeben hat, sondern man erhält mitunter 3 oder 5 Blätter. — Die innere Scheide geht in derselben Weise continuirlich in die innere derbe Skleralschicht über, und zwar besonders mit ihrer circulärfasrigen Lage, die somit ihre Faserrichtung allmählich in die meridionale ändert. Die innerste Lage, die Neurilemschicht, geht zum Theil in die innere Sklerallage über, zum grössten Theile aber bilden deren Fasern die Bündel der *Lamina cribrosa*. Es ist jedoch nicht richtig, wenn Wolfring (256) jede Betheiligung der übrigen Antheile der Opticusscheide und der Sklera an der Bildung der *Lamina cribrosa* läugnet, und die Balken der letzteren nur von dem eigentlichen Opticusneurilem ableitet; ich habe auf Quer- und Längsschnitten wiederholt Faserzüge aus den inneren Sklerallagen sich mit den Bündeln der *Lamina cribrosa* mengen sehen.

Der intervaginale Lymphraum erstreckt sich bei verschiedenen Individuen verschieden weit nach vorn, gewöhnlich so weit, dass er noch auf eine kurze Strecke als enge Spalte sich zwischen beide Sklerallagen, die innere und die äussere, einschiebt; mitunter setzt er sich aber auch ziemlich weit in das eigentliche Skleralgebiet fort. Die eigenthümlichen Balken, welche denselben durchziehen, schliessen sich ohne bestimmte Wahl beiden Skleralblättern an und verlieren sich allmählich zwischen den Faserzügen der letzteren. Die Endothelscheiden dieser Balken, welche sich an Haematoxylinpräparaten sehr schön darstellen lassen, sind keineswegs überall ganz continuirlich, wie von einigen Seiten, namentlich von Schwalbe, behauptet worden ist. Letzterer findet auch an allen vorhin beschriebenen Räumen des Bulbus die Endothelzellen untereinander zu sogenannten »Endothelhäutchen« fest verbunden, so dass man bei Isolationsversuchen nur Membranfetzen, fast niemals einzelne Zellen erhalte.

Michel und Leber, welcher Letztere zuerst die Endothelscheiden des intervaginalen Balkennetzes beschrieben hat, wollen die Frage, ob diese Scheiden continuirlich seien, nicht ohne Weiteres bejahen.

Die ersten genauen Untersuchungen des Uebergangsgebietes zwischen Scheide des *N. opticus* und der Sklera lieferte Jäger (108). Er setzte namentlich das Verhältniss des intervaginalen Raumes zur Sklera genauer auseinander. Gründliche, bis ins Detail gehende Aufklärungen brachten uns in neuerer Zeit die Arbeiten von Schwalbe (219), Michel (163) und Wolfring (256). Meine Darstellung berücksichtigt in etwas abweichender Weise besonders das Verhalten der inneren Opticusscheiden zur Sklera; Einzelnes wurde bereits im Text bemerkt. Gegen Wolfring's Darstellung muss ich noch erinnern, dass ich bei Erwachsenen niemals irgend eine nennenswerthe Zahl von Lymphkörperchen zwischen den Bündeln des *Nervus opticus* wahrgenommen habe.

Die *Membrana suprachoroidea* (zu der die *Lamina fusca* der Autoren zu rechnen ist) anlangend, so besteht dieselbe nach Schwalbe's Schilderung, abgesehen von den Gefässen, aus zarten elastischen Lamellen, die allseitig von Endothelzellen eingescheidet werden. Die Lamellen zeigen sich aus einer hyalinen Grundsubstanz, welche Schwalbe für identisch mit der interfibrillären Kitt- oder Grundsubstanz des Bindegewebes erklärt, und in welcher wiederum elastische Fasern und Pigmentzellen eingebettet liegen, zusammengesetzt. Henle (84) erwähnt beim Menschen als Bestandtheile der Suprachoroidea zweierlei Arten von Zellen: farblose und pigmentirte. Von den farblosen sagt er, l. c. p. 616, dass sie ebenfalls vereinzelt oder in Gruppen, die wie Bruchstücke eines Epithelium aussähen, gefunden würden; die gruppenweise zusammenhängenden Zellen seien eckig, die vereinzelten kugelig oder elliptisch, zum Theil kaum grösser als der Kern, den sie einschliessen, die grössten aber etwas mehr als doppelt so gross etc Es ist klar, dass Henle hiermit die Schwalbe'schen Endothelzellen bereits beschrieben hat, wenn ihm auch ihre Bedeutung entgangen ist. Axel Key und Retzius (111) sprechen von einem mehrschichtigen Endothel des Perichoroidealraumes. Die Pigmentzellen der Suprachoroidea, welche (durch ihre mannichfaltige Gestaltung mit starken zahlreichen und verästelten Ausläufern) zu den interessantesten und auffallendsten Zellenformen des Organismus gehören, werden von Henle gleicherweise vortrefflich geschildert, und kann ich für den Menschen das Vorkommen von beinahe ganz pigmentfreien Zellen, welche durch ihre Form und ihr sonstiges Verhalten sich an die Pigmentzellen anschliessen, bestätigen.

§ 26. Die Faserhaut des Bulbus zeigt in der Thierreihe manche bemerkenswerthe histologische Verschiedenheiten, welche hier noch kurz berührt werden sollen. Alle Säugethiere, mit Ausnahme der Monotremen, haben eine rein bindegewebige Sklera, deren feinste Elemente im Wesentlichen gleich sind; nur im Pigmentreichthum, in der Stärke der Membran, in der mehr festen oder lockeren Verbindung mit der Choroidea zeigen sich bemerkenswerthe Unterschiede. Sehr reich an Pigment ist die Sklera der Pferde, der Rinder, der Meerschweinchen. Auffallend fest gefügt und dick ist die der Walthiere und die des Rindes, während das Pferd bei einem fast gleich grossen Bulbus eine viel dünnere Sklera besitzt. Im Allgemeinen nimmt mit der Grösse der Säugethiere auch die Dicke der Sklera ab, so dass z. B bei den Mäusen dieselbe kaum stärker erscheint als die Choroidea dieser Thiere. Hier passt denn auch der Name »weisse Augenhaut« nicht mehr, da die Pigmenthaut des Bulbus überall durch die dünne Sklera durchschimmert und letztere selbst mehr oder minder pigmentirt ist. Verhältnissmässig fest ist die Verbindung zwischen Uvea und Sklera beim Schwein und bei der Maus, locker beim Menschen, Rinde und Pferde.

Die Vögel haben an der vorderen Peripherie der Sklera meist einen Knochen-

ring, der an beiden Flächen von fibrillärem Bindegewebe bedeckt ist. Bei einigen Gattungen findet sich auch ein hinterer Knochenring. Bei den ungeschwänzten Lurchen hat die Sklera eine knorplige Grundlage, während nach LEYDIG's (146) Angabe manche der geschwänzten Batrachier eine rein bindegewebige Sklera führen. Bei knorpliger Sklera bildet fibrilläres Gewebe einen inneren und äusseren Belag. — Die Reptilien nähern sich durch das Auftreten von mehr oder minder geschlossenen Knochenringen wieder mehr den Vögeln. — LANGHANS (134) hat uns aus der Klasse der Fische zahlreiche histologische Verschiedenheiten in der Histologie der Sklera mitgetheilt. Ich verzichte hier auf eine Wiedergabe dieser Data, da dieselben so lange keinen besonderen Werth beanspruchen können, als dabei nicht die Verhältnisse der Sklera zur Orbita, zu den Muskeln etc. mit in Erwägung kommen, aus deren Berücksichtigung sich vielleicht ein Verständniss für die verschiedenen histologischen Abweichungen der Sklera gewinnen liesse.

Bei ZINN (258) treffen wir wol die ersten genaueren Mittheilungen über die feineren Structur- und Texturverhältnisse der Sklera. Er nimmt einander vielfach durchkreuzende Lamellen an, und spricht auch von Fasern, aus welchen das Gewebe bestehen soll. Auch der Uebergang des Skleralgewebes zur Cornea ist ausführlich besprochen, und die ältere Literatur wird ziemlich vollständig mitgetheilt. HENLE (83) beschränkt sich auf einige kurze Bemerkungen, aus denen hervorzuheben ist, dass er an der inneren Skleralfläche Fibrillenzüge fand, die sich durch ihre Resistenz gegen Essigsäure auszeichneten. Den Faserverlauf berücksichtigten besonders VALENTIN (240), PAPPENHEIM (183), ERDL (57) und LÖWIG (150, 151). Bei BRÜCKE (25) finden wir die ersten Angaben über das Verhältniss der äquatorialen zu den meridionalen Fasern. — Die vergleichende Histologie bearbeiteten H. MÜLLER (178), LEYDIG (146) und LANGHANS (134). Der Untersuchungen von SCHWALBE, MICHEL und WOLFRING über die Grenzgebiete der Sklera wurde oben schon gedacht.

Cornealfalz, Uebergangsgebiet der Cornea zur Sklera.

§ 27. Die Gegend des Cornealfalzes ist in vieler Beziehung eine der anatomisch wie physiologisch wichtigsten des ganzen Bulbus. Sämmtliche Augenhäute ändern an dieser Stelle mehr oder weniger plötzlich ihre Textur und Lageverhältnisse, hier treffen wir die Accommodationsmusculatur, hier ist der Insertionscirkel der Iris, hier findet die Linse, wenn auch indirect, ihre Fixation; diese Stelle ist ausgezeichnet durch besondere Gefässanordnungen, die wir näher zu besprechen haben werden, und durch einen besonders reichlichen Eintritt von Nerven zur Iris und Cornea. Man kann demnach, von dieser Stelle ausgehend, mit einem gewissen Rechte den Augapfel in zwei gesonderte Abtheilungen bringen, welche als Vorder- und Hinterbulbus zu bezeichnen wären. Auch entwickelungsgeschichtlich hat diese Trennung eine gewisse Berechtigung, indem durch die Einstülpung der Linse diese Unterschiede im Wesentlichen geschaffen werden.

Wir haben hier der Reihe nach zu betrachten: 1) Den Uebergang der *Substantia propria corneae* in die bindegewebige Grundsubstanz der Sklera, 2) den Uebergang der Conjunctiva in die Cornea, 3) die hintere Partie des Cornealfalzes mit dem peripherischen Theile der *Membrana Descemetii*, das Fontana'sche Maschennetz (Fontana'scher Raum), den Schlemm'schen Canal, so wie

die Insertion des Ciliarmuskels nebst den histologischen Verhältnissen der *Camera oculi anterior*.

§ 28. Der Uebergang der Sklera zur Cornea ist, was die bindegewebige Grundlage beider Membranen betrifft, ein ganz continuirlicher und directer. Die Bindegewebsbündel der Sklera gehen ohne Trennung und Unterbrechung mit ihren Fibrillen in die Bündel bez. Fibrillen der Sklera über; die Saftcanälchen und Saftlücken der Cornea und der Sklera communiciren an der Grenze beider Membranen direct mit einander; die Skleralzellen unterscheiden sich in nichts Wesentlichem von den Cornealzellen. Nur Aenderung im Verlaufe und in der feineren Anordnung der Faserbündel, so wie einige, jedoch für die Zusammengehörigkeit beider Membranen, wie mir es scheint, unwesentliche Aenderungen in der Form der Lücken und Canälchen finden statt. Dieselben sind der Hauptsache nach bereits unter § 23 angedeutet worden. Sie können keine histologische Trennung beider Membranen bedingen. Makroscopisch wie mikroscopisch existirt keine scharfe Grenze zwischen ihnen; einen etwas verwaschenen Contour von einer relativ bedeutenden Breite sieht man bei schwachen Vergrösserungen meridionaler Durchschnitte schräg medio-lateralwärts verlaufen; er bezeichnet das Grenzgebiet beider Häute. S. Fig. 22. Hier gehen die Skleralfibrillen in den regelmässigen Verlauf der Corneafibrillen über, und die Saftlücken liegen etwas dichter gedrängt.

Nach Rollett's (206) Untersuchungen wäre ein directer Uebergang der Skleralfasern in die Fasern der Hornhaut nicht wahrscheinlich. Man sähe nach Einstichsinjectionen der Cornea bis zum Falz mit nachträglicher Extraction der Injectionsmasse das in dünne Blätter auslaufende schwammig erscheinende Cornealgewebe und dünne Lagen dichten Skleroticalgewebes in einander geschoben. Ferner mache der chemische Unterschied so wie das verschiedene Verhalten bei der Doppeltinction mit Carmin und Pikrinsäure — Cornea gelb, Sklera roth — einen directen Uebergang zweifelhaft. — Rollett gibt zu, dass Schnitt- und Zerzupfpräparate das Bild directer Faserübergänge geben. Ich glaube in dieser Sache am meisten Gewicht dem Verhalten bei der Entwickelung und den Zupfpräparaten beilegen zu sollen. Ersteres documentirt eine gemeinsame Anlage des grössten Theiles der *Substantia propria corneae* und der Sklera; letztere zeigen continuirliche Uebergänge von Fasern aus dem Gebiete der Cornea in das der Sklera, so wie umgekehrt. Dass diese Fasern nicht durch die ganze Länge beider Häute gehen, ist wol sicher. Dessen bedarf es aber auch nicht, um die histologische Einheit beider Membranen, und darauf kommt es hier an, zu begründen.

§ 29. Den Uebergang der *Conjunctiva bulbi* zur Hornhaut anlangend, so kann zunächst kein Zweifel bestehen, dass das Cornealepithel eine directe Fortsetzung des conjunctivalen Epithels ist. Gerade an der Grenze der Hornhaut erscheint das Epithel ein wenig höher und stärker geschichtet, doch ist die Abdachung nach beiden Seiten, zur Conjunctiva wie zur Cornea hin, eine ganz allmähliche. Die vordere Basalmembran der Cornea endet in dieser Gegend ganz allmählich sich zuschärfend, indem sie mehr und mehr ein deutlich faseriges Ansehen annimmt; jenseits des Cornealfalzes ist keine Spur von ihr mehr zu entdecken. Man kann aber leicht constatiren, dass die Fasern, in welche die Basalmembran sich auflöst, in die zunächst unter dem Epithel gelegenen etwas festeren Conjunctivaschichten, die man als *Tunica propria* der Conjunctiva bezeichnet, direct übergehen. Aber auch die Fasern des lockeren subcon-

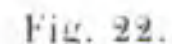
junctivalen Gewebes enden nicht scharf abgeschnitten, sondern setzen sich in Fasern fort, welche dicht unterhalb der vordern Grenzlamelle der Cornea hinziehen. Man kann bei der menschlichen Cornea leicht mit einer Staarnadel diese vorderen Schichten der Hornhaut von der darunter liegenden *Substantia propria* in grösseren Stücken abheben; es reissen diese Stücke am Cornealfalze nicht ein, sondern gehen hier in die erwähnten entsprechenden Theile des *Limbus conjunctivae*, bez. der *Conjunctiva sclerae* über. Noch deutlicher ist dieses bei der Cornea des Schweines; hier hebt sich die vordere mit der Conjunctiva in directem Connex stehende Partie durch ihre abweichenden Texturverhältnisse (grössere Saftlücken und deutlicher fibrilläre Beschaffenheit) mitunter recht scharf von dem tiefer gelegenen Cornealgewebe ab. Diese oberflächliche Schicht kann äusserst leicht von der darunter liegenden *Substantia propria corneae*, welche mit der Sklera zusammenhängt, abgelöst werden, und nimmt auch bei der Tinction mit Carmin einen auffallend verschiedenen Farbenton an. Ich habe schon oben, § 1, die genetische Berechtigung einer conjunctivalen, d. h. cutanen Schicht der Cornea kurz dargethan.

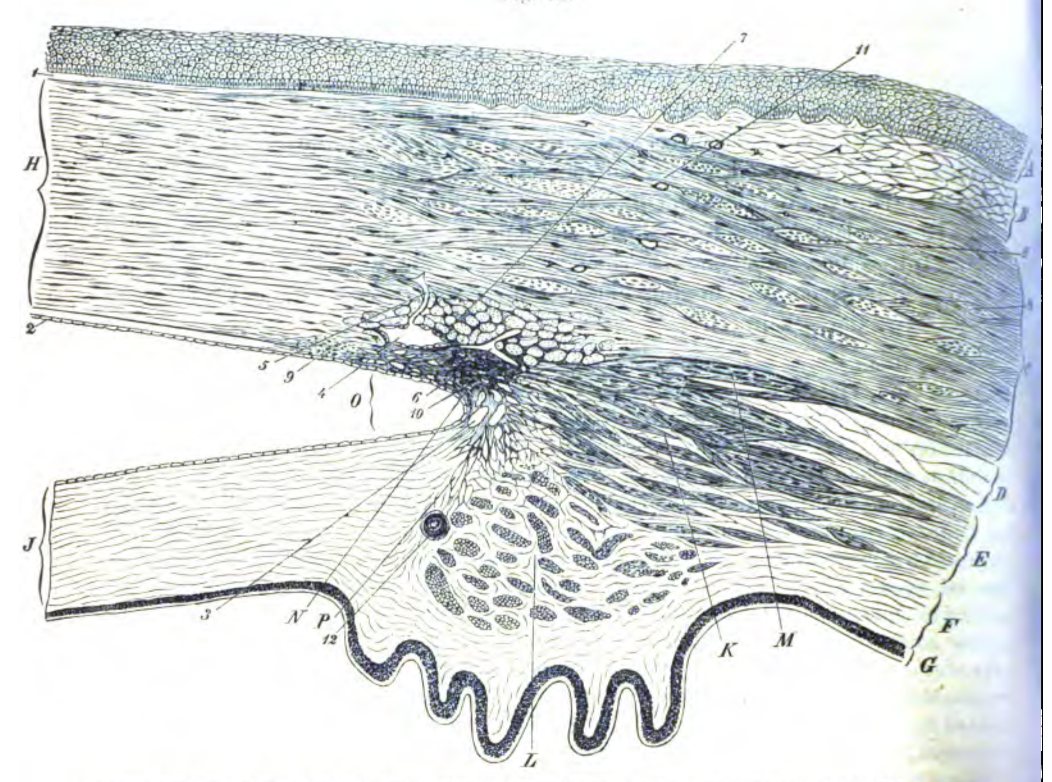
Unter den neueren Bearbeitern der Cornea haben am entschiedensten Jul. Arnold (8) und Kölliker (117, 118) die directe Fortsetzung auch der bindegewebigen Antheile der Conjunctiva auf die Cornea vertreten, und die Existenz eines besonderen »Bindehautblättchens« der Cornea, einer besonderen »Subepithelialschicht« J. Arnold, welche sie in demselben Umfange, wie oben geschildert, auffassen, betont. Die von Jul. Arnold vorgebrachten Thatsachen, — namentlich die Isolirbarkeit der Subepithelialschicht der Hornhaut im Zusammenhange mit der *Conjunctiva sclerae* an dünnen Durchschnittspräparaten mittelst gelinden Erwärmens in verdünnter Salpetersäure — so wie die hier erwähnten Befunde, sprechen entschieden dafür, dass die obersten Lagen der Hornhaut die histologischen Fortsetzungen der Conjunctiva sind, und zwar gehen alle Theile der Conjunctiva in reducirter Form auf die Cornea über. Ich wüsste auch kein einziges Beispiel in der Histologie, dass gleichartige Gewebe, wo sie entweder aneinander oder übereinander gelagert sind, scharf abgeschnitten endigten, ohne in einander überzugehen. Mit Rücksicht auf diesen allgemeinen Gesichtspunct, so wie in Bezug auf die vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte, scheint mir die Sache von weiterem Interesse. — Rollett erkennt die hier vertretene Auffassung nicht an, und will eine sogenannte *Conjunctiva corneae* nicht gelten lassen.

§ 30. Am schwierigsten sind die peripherischen Theile der Descemet'schen Haut, so wie das damit in Verbindung stehende Gewebe: das cavernöse Balkennetz im Iriswinkel und dessen grössere Lücken, der Schlemm-sche und der Fontana'sche Canal, aufzufassen.

Der spitze Winkel, welcher durch den frontal gestellten Abgang der Iris von der Wandung des Bulbus zwischen Iris und Sklero-Cornea gebildet wird, der »Iriswinkel«, wie wir ihn der Kürze halber in Zukunft nennen wollen, ist die uns hier besonders interessirende Localität. Nennen wir den peripherischen Theil der Iris, womit sie dem Gewebe des Ciliarkörpers aufsitzt, die »Iriswurzel«, so treffen also im Iriswinkel aufeinander: 1) die Iriswurzel, 2) die bindegewebige Grundlage des Ciliarkörpers,! 3) die Accomodationsmuskulatur, 4) die hintersten und äussersten Partieen der Hornhaut und der Descemet'schen Haut sammt ihrem Endothel, 5) die Sklera. An der Stelle des Zusammenflusses aller dieser Gebilde entwickelt sich nun unter gemeinsamer Betheiligung ihrer bindegewebigen Grundlage ein eigenthümliches cavernöses Gewebe, welches den Iris-

winkel, je nachdem es stärker oder schwächer entwickelt ist, mehr oder minder ausfüllt und ausrundet. Die Descemet'sche Haut löst sich unter einer eigenthümlichen Abänderung ihrer Textur ganz und gar in dieses cavernöse Gewebe auf.



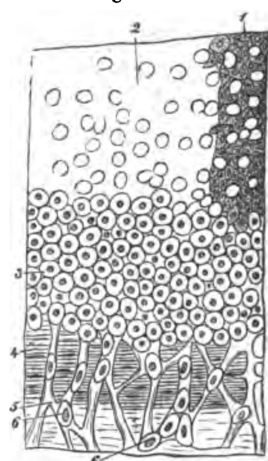


Meridionaler Durchschnitt durch den Cornealfalz des Menschen; ca. 30jähr. Mann. — Conjunctiva, Sklera, Cornea mit den entsprechenden Grenzgebieten; Ciliarmuskel, Iris, Processus ciliares, Gewebe des Iriswinkels mit dem Schlemm'schen Canal und den dem Fontana'schen Raum homologen Lücken. (Hartnack III, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) *A*) Conjunctival- und Cornealepithel. *B*) Conjunctiva sklerae. *C*) Sklera. *D*) Membrana suprachoroidea. *E*) Region des Ciliarmuskels. *F*) Gewebe der Choroidea und der Processus ciliares. *G*) Tapetum nigrum und Pars ciliaris retinae. *H*) Cornea (Substantia propria). *I*) Iris. *K*) Meridionale Bündel des Ciliarmuskels. *L*) Aequatoriale Bündel des Ciliarmuskels. *M*) Bündel des Ciliarmuskels, welches sich nach hinten an die Sklera befestigt (Homologon des M. Cramptonianus der Vögel). *N*) Gewebe des Iriswinkels. *O*) Iriswinkel. *P*) Iriswurzel. 1) Vordere homogene Hornhautlamelle. 2) Descemet'sche Haut mit dem Endothel der vorderen Kammer; letzteres setzt sich continuirlich über das Gewebe des Iriswinkels auf die Vorderfläche der Iris fort. 3) Grössere Lücken im Balkengewebe des Iriswinkels, Homologa der Fontana'schen Räume bei Thieren. Die zum Iriswinkel hin daneben gelegenen Balken, welche diese Lücken vom Iriswinkel abschliessen, sind Rollett's Irisfortsätze. 4) Canalis Schlemmii mit Endothel ausgekleidet. 5) Gefäss, welches sich in den Canalis Schlemmii öffnet. 6) Blutgefässe des Leber'schen Ciliarplexus. 7) Starke, äquatorial verlaufende Bündel der Sklera in der Umgebung des Schlemm'schen Canales mit weiten Saftlücken dazwischen; letztere communiciren mit dem Lückensystem im Iriswinkel. 8) Quergetroffene Faserbündel der Sklera. 9) Vorderer Grenzring (querdurchschnittene Bündel). 10) Hinterer Grenzring (Ansatz der meridionalen Bündel des Ciliarmuskels). 11) Conjunctivale und sklerale Blutgefässe im Querschnitt. 12) Querschnitt einer Art. ciliaris.

Man kann aber nicht sagen, dass dasselbe vorzugsweise von der Descemet'schen Haut gebildet werde, indem sowohl vom eigentlichen Hornhautgewebe als auch

von der Sklera, ferner von der bindegewebigen Zwischenmasse des *Musculus ciliaris* und dann von der bindegewebigen Grundlage des *Corpus ciliare* und der Iriswurzel überall Fasern in das Balkenwerk des beregten cavernösen Gewebes einstrahlen (S. Fig. 22). Wie HENLE (84) und namentlich neuerdings SCHWALBE (219) nachgewiesen haben, besteht die Grundlage des cavernösen Gewebes aus rundlichen und abgeplatteten elastischen Balken, die manchmal, namentlich zur Descemet'schen Haut hin, und in der nächsten Umgebung des Schlemm'schen Canales förmlich den Character gefensterter Lamellen annehmen. Wenn wir specieller den Antheil betrachten, den die benachbarten Gewebe an der Constituirung des Balkennetzes nehmen, so kommt, meinen Untersuchungen nach, beim Menschen der grösste Theil auf die elastischen Sehnen und das intermuskuläre Bindegewebe des Ciliarmuskels, der bekanntlich beim Menschen auch besonders stark entwickelt ist. Wie Fig. 22 zeigt, geht der ganze meridionale Theil des Ciliarmuskels mit seinen Sehnen in dies Balkengewebe über, so dass also das Balkennetz mit breiter Basis dem Ciliarmuskel aufsitzt. Keine der vorhandenen Abbildungen gibt eine exacte Vorstellung über dieses Verhältniss.

Fig. 23.



Uebergangsgebiet der Descemetschen Haut von der hinteren Fläche gesehen: Warzen, vorderer Grenzring, Balken des Iriswinkels. (Irisfortsätze) Endothel der vorderen Kammer. (Mann von ca. 30 Jahren. Hartnack IV, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) 1) Warzengebiet der Membr. Descemetiana mit den veränderten Endothelzellen zwischen den Warzen. 2) Dasselbe ohne Endothelzellen. 3) Endothelzellen der gewöhnlichen Form. 4) Grenzring (äquatoriale Fasern). 5) Irisfortsätze. 6) Endothelzellen auf den Irisfortsätzen (nicht vollständig).

SCHWALBE (219) hat gezeigt, dass in dem Gewebe des Iriswinkels zwei ringförmige Faserzüge auftreten, die also auf meridionalen Schnitten quergetroffen erscheinen. Er bezeichnet sie mit dem Namen des vorderen und hinteren Grenzringes. Der vordere Grenzring, s. Fig. 22, Nr. 9, Fig. 23, Nr. 4, beginnt unmittelbar peripherisch neben dem warzigen Theile der *Membrana Descemetii*; an denselben setzen sich die äussersten Balken des sogenannten *Ligam. iridis pectinatum* fest, von dem gleich weiter unten die Rede sein wird. Er besteht aus Fasern, welche sich an der hinteren Partie der Descemet'schen Haut in der homogenen Substanz dieser letzteren selbst entwickeln und circulär verlaufen. Der hintere Grenzring, Fig. 22, Nr. 10, liegt am hinteren Winkel nahe dem Schlemm'schen Canale und wird dadurch gebildet, dass hier die elastischen durchlöcherten Platten, welche in der Nachbarschaft des Canales liegen und zum Theil dessen Innenwand bilden, zu einer festen dichten Masse, in der zahlreiche circuläre, sowohl bindegewebige als auch elastische Fasern auftreten, verbunden sind. An diesen hinteren Grenzring heften sich nach SCHWALBE vorzugsweise die Fasern des Ciliarmuskels fest.

Die Descemet'sche Haut übernimmt durch periphere Auflösung in ein elastisches Platten- und Fasersystem den zweiten Hauptheil an der Bildung des in Rede stehenden Balkennetzes; ebenso viel Fasern senden aber auch die unmittelbar anliegenden Theile der Cornea hinein. Die Fasern der Sklera stehen in der nächsten Umgebung des Schlemm'schen Canales ebenfalls in continuirlicher Verbindung mit dem Balken-

netze, und es ist bemerkenswerth, dass gerade hier auffallend viel circuläre Fasern in der Sklera auftreten (S. Fig. 22). Nur zu einem verhältnissmässig geringen Theile (beim Menschen) geht das Irisgewebe unter Verlust des Pigments in dies Balkennetz über. Ganz unbedeutend ist der Tribut von Seiten des *Corpus ciliare*, da Iriswurzel und Ciliarmuskel meist unmittelbar aneinanderstossen und somit vielfach das *Corpus ciliare* ganz ausschliessen.

Was speziell das Verhältniss der Iris zum cavernösen Balkengewebe anlangt, so sind darüber noch einige weitere Angaben zu machen, zumal hier nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten obwalten. Bei Rindern, Pferden, Schweinen und andern Thieren ziehen mächtige, von einander isolirte Balken pigmentirten Irisgewebes zur Hinterfläche der Descemet'schen Haut und verschmelzen mit derselben. Dabei bildet, wie ich an Präparaten des Pferdebulbus, die Dr. Mihalkovics im hiesigen anatomischen Institut gefertigt hatte, sah, die Descemet'sche Haut einen vollständigen scheidenartigen Ueberzug über denjenigen Theil der Irisbalken, welcher der *Membrana Descemetii* zunächst liegt — die von Rollett und Iwanoff (110) sogenannten »Irisfortsätze«. — Der scheidenartige Ueberzug verliert sich allmählich zur Iris hin. Diese starken Irisfortsätze bilden eine Art von Pallisadenwerk vor dem engmaschigen cavernösen Balkennetz des Iriswinkels, und haben zwischen sich recht grosse weite Räume, die sogenannten Fontana'schen Räume. Es ist, wie ich mit Schwalbe finde, Unrecht, hier von einem einzigen Canal, dem sog. Fontana'schen Canal zu sprechen. Ein solcher einfacher circulärer Canal im inneren Abschnitte des Iriswinkelgewebes existirt nicht, statt dessen aber eine Anzahl grösserer Räume zwischen den Irisfortsätzen Rollett's. Anders verhält sich die Sache beim Menschen. Starke Irisfortsätze, wie bei den eben genannten Thieren, sind nicht vorhanden. Dagegen finden sich in dem der Augenkammer am meisten benachbarten Theile des Balkengewebes etwas grössere pigmentirte Balken, welche aus der Iriswurzel entspringen und sich höchstens bis zum vorderen Grenzringe erstrecken. Die eigentliche noch unveränderte Descemet'sche Membran erreichen sie niemals. Diese etwas stärkeren Balken sind es, welche man seit Hueck (101) mit dem Namen »*Lig. pectinatum iridis*« belegt, ein Name, der völlig entbehrlich ist, wenn man nicht das ganze cavernöse Gewebe des Iriswinkels damit bezeichnen will. Mitunter fehlen solche gröbere Balken mit etwas gröberen Maschenlücken, die also dem Fontana'schen Raume der Thiere vergleichbar wären, ganz und gar, und das feinmaschigere Balkenwerk bildet ohne allen Uebergang die Grenze gegen die vordere Kammer. In einzelnen Fällen habe ich indessen auch beim Menschen auf meridionalen Schnitten ein oder zwei grössere Balken mit entsprechenden grossen Maschenräumen gefunden, die also einem Fontana'schen Raume entsprachen.

Ebenso wie nach der hinteren, der Augenkammer zugewendeten Grenze ein besonders ausgebildetes Raumsystem, die eben beschriebenen Fontana'schen Räume, existirt, so gibt es auch an der entgegengesetzten vorderen Fläche, unmittelbar an der Sklera, zum Theil noch in dieser selbst gelegen, einen zweiten, freilich meist einfachen Canal, der diesem Gewebe angehört, den sogenannten »Schlemm'schen Canal«. Schwalbe (219) beschreibt die Configuration des Schlemmschen Canales derart, dass am Skleralborde eine circulär umlaufende flache Rinne, »Skleralrinne« Schwalbe, vorhanden sei; indem diese Rinne in der Richtung vom Ciliarmuskel zur *Membrana Descemetii* hin durch das in Rede

stehende cavernöse Balkengewebe des Iriswinkels überbrückt werde, entstehe aus der Rinne ein Canal, der Schlemm'sche Canal. Man kann im Allgemeinen dieser Beschreibung zustimmen; nur muss man dabei nicht ausser Acht lassen, dass mitunter jede Spur einer solchen Rinne fehlen kann, und dass ferner an den beiden Rändern der Rinne das Skleralgewebe denselben balkig-cavernösen Character annimmt, wie das Gewebe des Iriswinkels selbst und continuirlich darin übergeht, und dass endlich selbst die vordere, unmittelbar von der Sklera gebildete Wand des Schlemm'schen Canales, wenn auch selten, noch den cavernösen Character an sich tragen kann. Das Bild der Ueberbrückung erleichtert die Anschauung, kann aber, insofern man an zwei verschiedene Gewebe dabei denken wollte, leicht eine incorrecte Vorstellung erwecken. Ich muss hervorheben, dass, im Grunde genommen, der Schlemm'sche Canal im Principe seiner Bildung nicht von den Fontana'schen Räumen verschieden ist. Beides sind Lücken im Gewebe des Iriswinkels von besonderer Grösse, nur an verschiedenen Orten desselben entwickelt. Der eine von ihnen kann fehlen, wie z. B. der Mensch für gewöhnlich keine ausgebildeten Fontana'schen Räume, das Schwein, wie Schwalbe gezeigt hat, keinen Schlemm'schen Canal besitzt. Zudem sind beiderlei Räume von sehr veränderlicher Gestalt. Was speciell den Schlemm'schen Canal anlangt, so kann derselbe ebenfalls durch ein System mehrerer Lücken vertreten sein; eine Substanzbrücke hier und da im Verlaufe des Canales ist sogar etwas sehr Gewöhnliches.

So viel ich sehe, liegt, wie ich gegen Schwalbe bemerken möchte, der Schlemm'sche Canal noch ganz im Bezirke der Sklera und reicht nicht bis an die Hornhaut heran. Auf dem meridionalen Durchschnitt (Fig. 22) hat er meist die Form eines flach dreiseitigen Raumes, mitunter aber auch die eines ovoiden, an den Enden leicht zugespitzten Spaltes. Auf solchen Durchschnitten trifft man sehr häufig ein Gefäss, welches in die vordere Wand des Canales einmündet und fast rechtwinklig zum Canal gestellt ist. Das Gefäss zieht gerade vorwärts zu den tieferen Skleralvenen und ist selbst zu den letzteren zu rechnen, da es sich bei der Füllung der Venen mit füllt. Klappen habe ich bis jetzt ebensowenig wie Schwalbe an diesem Gefäss wahrgenommen.

Andere Gefässdurchschnitte erscheinen regelmässig etwas nach vorn und nach aussen vom Schlemm'schen Canal in wechselnder Zahl auf meridionalen Durchschnitten. Sie füllen sich ebenfalls bei venösen Injectionen und haben auch die Structur von Venen. Ich halte diese Gefässe mit Schwalbe (219) für den von Leber (140, 139) beschriebenen venösen Ciliarplexus. Letzterer rechnet bekanntlich auch den Schlemm'schen Canal selbst als streckenweise selbständig auftretendes grösseres Ringgefäss zu diesem venösen Plexus. Ich kann, wie Schwalbe, aus gleich näher anzugebenden Gründen, diese Ansicht nicht theilen.

Nach einer von H. Müller (171) gegebenen Abbildung findet sich bei Falken an der Stelle des Schlemm'schen Canales ein weiter Spalt, welcher (wie eine Art Lymphscheide) ein (ringförmig verlaufendes) Blutgefäss umschliesst.

Endlich figurirt unter dem Namen »*Circulus venosus Hovii*« in der Literatur noch ein Plexus von Blutgefässräumen in dieser Gegend, dessen Deutung aber nicht ganz sicher ist. Brücke (25) hat indessen gezeigt, dass nach Hovius' Beschreibung diese Räume mit dem *Canalis Schlemmii* und den Fontana'schen Räumen nichts zu thun haben, dass vielmehr der Hovius'sche Plexus von diesen

stets durch den Ciliarmuskel getrennt sei und eine kranzförmige Anastomosenkette von Aesten der *Vasa vorticosa* darstelle. Man vergleiche hierüber auch die Beschreibung von Zinn (258) p. 218.

Verfolgt man das Endothel der vorderen Kammer, so zeigt sich, dass dasselbe von der Descemet'schen Haut auf die Irisfortsätze, dieselben vollständig einscheidend, übergeht. Von da dringen platte Zellen, wie man namentlich gut an Hämatoxylinpräparaten nachweisen kann, immer den Balken des Iriswinkelgewebes aufliegend, bis in die kleinsten Lücken dieses Gewebes ein. Diese Lücken gehen, wie jedes gute Präparat und die gleich zu beschreibenden Injectionen lehren, nach der Hornhaut, Sklera, Iris und dem *M. ciliaris* und *Corpus ciliare*, indem sie immer enger und enger werden, in die gewöhnlichen Saftlücken dieser Gewebe continuirlich über, die schliesslich dann nur eine Zelle beherbergen. Solche Zellen nennen wir dann nicht mehr Endothelien, sondern das sind dann die bekannten Skleral- und Cornealzellen. Es gibt kein schöneres und klareres Beispiel vom Uebergange der Saftlücken in grössere mit Endothel ausgekleidete Räume, als dieses Gewebe des Iriswinkels in Verbindung mit seinen Nachbargeweben.

Der Schlemm'sche Canal ist ebenfalls von platten Endothelzellen ausgekleidet, die, wie Schwalbe (219) zeigte, eine eigenthümliche rippenartige Zeichnung besitzen. Da die Wandungen des Canals aus durchbrochenen Platten bestehen, so öffnet sich der Canal ebenfalls mit porenähnlichen Communicationswegen in die Lücken des Iriswinkelgewebes und muss somit auch, da letztere zwischen den Irisfortsätzen hindurch direct mit der vorderen Augenkammer in Verbindung stehen, in letzter Instanz auch mit dieser communiciren. Der Schlemm'sche Canal füllt sich nun in der That, wie zuerst Schwalbe gezeigt hat, und ich vollkommen bestätigen kann, regelmässig von einer Injection der vorderen Augenkammer aus, selbst bei geringem Drucke. Dagegen habe ich denselben bei gut gelungenen Injectionen von der *Arteria ophthalmica* aus und von der *Vena cava superior* aus, wobei die Venen des Hornhautrandes und der Conjunctiva sowie des Ciliarkörpers ohne Extravasatbildung gefüllt waren, niemals injicirt gesehen. Niemals habe ich ferner bei menschlichen oder Thieraugen Blutkörperchen im Schlemm'schen Canale angetroffen. Nach diesen Erfahrungen, sowie nach den obigen Auseinandersetzungen über das anatomische Verhalten des Fontana'schen Raumes und des *Canalis Schlemmii* stehe ich nicht an, den Schlemm'schen Canal zum Lückensystem des Iriswinkelgewebes und mit diesem zum lymphatischen Apparate zu rechnen, wie Schwalbe das in seiner wiederholt citirten Arbeit ausführlich dargethan hat. Ich acceptire hiermit auch die von Schwalbe gezogene Consequenz, dass mit dem Schlemm'schen Canale die höchst beachtenswerthe Einrichtung einer Communication der vorderen Augenkammer mit den Venen der Sklera gegeben ist, da ja, wie wir gesehen haben, diese Venen mit dem Schlemm'schen Canale communiciren, s. Fig. 22, 5, und sich dieselben regelmässig bei den Injectionen in die vordere Kammer vom Schlemm'schen Canale aus mit füllen. Das Kammerwasser würde demnach meiner Auffassung nach zwei Hauptabflusswege haben, den einen durch das Saftcanalsystem der benachbarten Gewebe, und zwar auf dem Wege der Communication der Saftlücken mit den Räumen des cavernösen Gewebes im Iriswinkel, den andern mit Hülfe des *Canalis Schlemmii* zu den Skleralvenen. Hier müssen voraussichtlich Klappenvorrichtungen existiren, welche den Rückfluss des

Blutes zum Schlemm'schen Canale hin unmöglich machen. Ich habe jedoch, wie vorhin bemerkt, ebensowenig wie SCHWALBE, an den mit dem Schlemm'schen Canale communicirenden Gefässen Klappen nachweisen können. Auf die Bedeutung einer solchen Einrichtung des Kammerwasserabflusses für die Erhaltung der normalen Hornhautspannung hat SCHWALBE aufmerksam gemacht.

Das Lückensystem des Iriswinkels steht dem Gesagten zufolge zur vorderen Kammer in einem ähnlichen Verhältnisse, wie etwa jene kleinen serösen Räume des Bindegewebes, welche sich als Adnexa grösserer seröser Höhlen hie und da finden, so an vielen Schleimbeuteln mit reich gegitterten Wänden, zu diesen. Auch passt ein Vergleich mit den Herzhöhlen und dem Maschenwerk der trabekulären Herzwandungen. Wie in die von jenen Trabekeln gebildeten Lücken das Blut, so tritt auch hier das Kammerwasser in das cavernöse Gewebe des Iriswinkels ein.

Das Endothel der *Membrana Descemetii* setzt sich über die Balken des Fontana'schen Raumes hinweg auf die Vorderfläche der Iris fort und ergänzt so die nur an der Pupille (bei Erwachsenen) unterbrochene Endothelbekleidung der vorderen Augenkammer zum nahezu sackförmigen Abschluss. Am Pupillenrande berührt das vordere Irisendothel unmittelbar das ächte Epithel der hinteren Irisfläche. Diese directe Berührung stellt sich erst später, nach Schwund der Pupillarmembran, ein, und dann ist hier an der Pupillaröffnung eine der wenigen Stellen des menschlichen Körpers vorhanden, an welcher die Endothelien und Epithelien unmittelbar aneinandergrenzen. Entwickelungsgeschichtlich sind beiderlei Zellenlager durchaus von einander zu trennen.

§ 31. Mit Rücksicht auf die Verbindungen, welche zwischen der Accommodationsmuskulatur einerseits, und der Cornea, Sklera und dem Gewebe des Iriswinkels andererseits bestehen, bin ich genöthigt, an dieser Stelle auch diese Muskulatur kurz zu besprechen. Die von H. MÜLLER entdeckte circuläre Portion des Ciliarmuskels, Fig. 22 *L*, kommt in keine nähere Beziehung zu den uns hier interessirenden Theilen des Bulbus, wohl aber die meridionalen Fasern. Es wurde vorhin schon erwähnt, dass deren elastische Sehnen in das cavernöse Balkennetz des Iriswinkels, und vorzugsweise in denjenigen Theil übergehen, den SCHWALBE (219) als hinteren Grenzring beschrieben hat. Von der Sklera ist der Muskel durch das lockere Gewebe der sogenannten *Lamina fuscā* getrennt. Nach H. MÜLLER (174) begleiten einzelne Bündel des Muskels die Stämme der *Aa. ciliares* bis in die betreffenden Skleralcanäle hinein.

Bei den Vögeln müssen nach CRAMPTON's Entdeckung (41), welche seither durch die Untersuchungen von BRÜCKE (26), DONDERS (46), H. MÜLLER (171, 172, 173), MANNHARDT (156), v. HÜTTENBRENNER (102), ROLLETT und IWANOFF (110) mannichfachen Controversen unterlag, mehrere Abtheilungen der meridionalen Muskelfasern unterschieden werden. Ich kann mich mit der genauen Beschreibung IWANOFF's und ROLLETT's, die am engsten an H. MÜLLER sich anlehnt, durchaus einverstanden erklären. Hiernach müssen in Berücksichtigung des Ursprungs und der Anheftung drei besondere meridionale Muskelpartieen unterschieden werden, und zwar I. Die *Portio externa s. Cramptoniana* (der *Musculus Cramptonianus* der Autoren) zwischen Balkennetz des Iriswinkels und den angrenzenden Partieen der Hornhaut und Sklera, namentlich dem Knochenring der letzteren, II. Die *Portio intermedia*, *s. Donders-Mülleriana* zwischen dem

genannten Balkennetze und der Choroidea, III. Die *Portio interna, s. Brueckiana* (*Tensor choroideae* der Autoren) zwischen Sklera und Choroidea. Mitunter habe ich auch, s. Fig. 22 *M*, beim Menschen meridionale Faserbündel getroffen, welche zwischen dem Balkennetze und der Sklera verliefen; diese wären dann dem *M. Cramptonianus* der Vögel homolog zu erachten.

Hovius beschrieb seinen *Circulus venosus* in seinem Werke über die Säftebewegung im Auge: Tractatus de circulari humorum motu in oculis, Lugd. Batav. 1716 u. 1740. Er hat daselbst, wie Brücke nachgewiesen hat, auch den *Canalis Fontanae* abgebildet und letzteren somit als gesondert von seinem *Circulus venosus* aufgefasst. Späterhin ist der *Canalis Fontanae*, welchen Fontana (61) in seinem bekannten Werke »über das Viperngift« genauer beschrieb, lange Zeit mit dem *Canalis Schlemmii* verwechselt worden. So z. B. von Lauth, welcher in seinem »Neuen Handbuch der prakt. Anatomie«, Stuttgart und Leipzig 1835. Bd. I. p. 322 (erste Aufl. 1829 »Manuel d'anatomie«) die Priorität der ersten genauen Beschreibung für sich in Anspruch nimmt, den fraglichen Canal, welcher seiner eben nicht sehr brauchbaren Abbildung zu Folge in der That unser *Canalis Schlemmii* ist, aber als Fontana'schen Canal bezeichnet. Jüngsthin hat sich noch Pelechin (186) diese Verwechslung zu Schulden kommen lassen. Schlemm's Publication (213) datirt vom Jahre 1830. Hueck (101) führte 1841 am Ochsenauge die Benennung »*Ligamentum pectinatum*« ein, versteht aber darunter augenscheinlich das, was neuerdings Rollett und Iwanoff (110) als Irisfortsätze beschrieben haben. Ausserdem beschreibt Hueck als *Canalis Fontanae anterior, medius* und *posterior* drei besondere Canäle, von denen nur, wie Brücke (25) darthut, der erstere dem von Fontana beschriebenen Canale entspricht, die anderen aber grössere, unbeständige Lücken im Iriswinkelgewebe darstellen müssen, denn es gelingt nicht, wie besonders auch Rollett und Iwanoff zeigten, regelmässig mehrere derartige Canäle dort aufzufinden. Brücke (25) (Anm. p. 52) führte zuerst die vielen hier beschriebenen Canäle auf ihr richtiges Mass zurück, und unterschied scharf zwischen *Canalis Fontanae* und *Canalis Schlemmii*, obgleich, wie das Beispiel Pelechin's und die unklaren Darstellungen in vielen seither erschienenen Handbüchern zeigen, seine Bemühungen nicht die gebührende Berücksichtigung fanden. Erst seit Rollett's und Iwanoff's durchschlagender Arbeit (110) über die in Rede stehende Region des Bulbus, denen sich Schwalbe (219) in den wesentlichsten Puncten angeschlossen hat, scheint eine richtige Auffassung der Dinge angebahnt zu sein. Das Hauptverdienst Rollett's und Iwanoff's liegt in dem Nachweise, dass der sogenannte Fontana'sche Canal kein einfacher Canal, sondern ein von zahlreichen Balken durchzogenes Lückensystem sei, dass das sogenannte *Lig. pectinatum iridis* einem Theile dieses besonders beim Ochsen und Schwein entwickelten Balkennetzes entspreche, und dass endlich die vordere Augenkammer direct mit den Lücken dieses Balkennetzes communicire, welches übrigens bereits H. Müller (171) durch Injectionen in die vordere Kammer dargethan hatte. Hierdurch wurde die Angabe Flemming's (59), wonach eine undurchbrochene Lamelle der Descemet'schen Haut sich zur Iris begeben und den Iriswinkel von der vorderen Augenkammer vollständig absperren sollte, widerlegt. Rollett und Iwanoff lieferten dann ferner noch, abgesehen von anderen Einzelheiten, den Nachweis des von Schwalbe sogenannten vorderen Grenzringes. — Von anderen Erforschern dieses Bezirkes sind hier noch Reichert (198), Kölliker (117, 118), van Reecken (197), Cramer und Helmholtz (Archiv für Ophthalmologie Bd. I »Das *Ligamentum pectinatum* und dessen Einfluss auf die Accomodation«), Löwig (150, 151), Haase (72) und Henle (84) zu erwähnen. Reichert beschrieb zuerst die Auflösung der *Membrana Descemetii* in ein Faserwerk. Löwig, der unter Reichert's Leitung arbeitete, erwähnt bereits das Umbiegen der Fasern der Descemet'schen Haut in das Irisgewebe, so wie die Fortsetzung des Endotheliums auf das Balkengewebe. Haase bespricht namentlich die Frage, ob dieses Balkengewebe bindegewebiger oder elastischer Natur sei; er selbst hält es für ein eigenthümlich modificirtes sehr resistentes Bindegewebe. Soviel ich sehe, muss man mit Henle — der die elastischen durchlöcherten Platten zuerst genau beschrieben hat — Bowman und Schwalbe annehmen, dass sowohl bindegewebige wie

elastische Fasern und Platten nebeneinander und in Uebergangsformen das Gewebe des Iriswinkels ausmachen.

Die ausführlichste Arbeit lieferte SCHWALBE (219). Er wies zuerst die ausgibige Communication der vorderen Augenkammer mit dem Lückensystem des Fontana'schen Raumes nach, und zeigte die Wichtigkeit dieses Verhaltens, während ROLLETT und IWANOFF hier nur spärliche Communicationen angenommen hatten. Er begründete genauer das Verhältniss des *Canalis Schlemmii* zum Fontana'schen Raum, indem er die Homologa des ersteren beim Ochsen und Schwein in kleinen Lücken nachwies, welche im Balkennetze des Iriswinkels an einer correspondirenden Stelle vorkommen. Wir erhalten von SCHWALBE eine präcise Darstellung der sogenannten Skleralrinne so wie des Endstückes der Descemet'schen Membran (vorderer und hinterer Grenzring). Am wichtigsten ist der Nachweis einer Communication der vorderen Augenkammer mit dem Schlemm'schen Canale, und durch diesen mit den Skleralvenen (vgl. den Text), in Folge dessen SCHWALBE den Schlemm'schen Canal für einen Lymphbehälter erklärt, der aber mit Blutgefässen communicire. Den Grund, warum bei normalen Verhältnissen kein Blut unter diesen Umständen in die vordere Kammer übertritt, findet SCHWALBE, abgesehen von den supponirten Klappenvorrichtungen, darin, dass es zahlreiche andere Abflusswege für das venöse Blut gebe, die mit dem *Canalis Schlemmii* communicirenden Venen also erst bei abnorm erhöhtem Drucke in Anspruch genommen würden. Hier befindet sich nun SCHWALBE in directem Widerspruche mit LEBER, der auch nach Kenntnissnahme der Schwalbeschen Untersuchung auf seiner früheren, den älteren Vorstellungen entsprechenden Angabe, der Schlemm'sche Canal sei ein Blutgefäss, bestehen bleibt. LEBER stimmt hierin auch mit IWANOFF und ROLLETT überein. An Stelle des einfachen Schlemm'schen Canales findet LEBER im Anschlusse an ROUGET (208) meist einen Gefässplexus (Ciliarplexus LEBER). Zu Gunsten seiner Ansicht führt LEBER die Injicirbarkeit des Canales, und den Befund von Blut in demselben bei Leichen von Erhängten (IWANOFF und ROLLETT) an. Es mag hier bemerkt werden, dass FR. ARNOLD (7) angibt, man könne den Canal wol von den Arterien, niemals aber von den Venen aus injiciren, und dass es SAPPEY (Traité d'anatomie, II éd. T. III, p. 722 gelang, vom Schlemm-schen Canale aus sämmtliche *Venae ciliares anteriores* mit Quecksilber zu füllen. — Beweisend würde meiner Ansicht nach nur sein, wenn es gelänge, Blut an Lebenden im *Canalis Schlemmii* sichtbar zu machen. Aus den im Text angegebenen anatomischen Gründen muss ich mich auf SCHWALBE's Seite stellen. Diejenigen Puncte, in welchen ich von der Darstellung des Letzteren abweiche, oder dieselbe ergänzen kann, ergeben sich leicht aus der Vergleichung unserer Mittheilungen. Weitere geschichtliche Notizen, besonders über den Schlemm'schen und Fontana'schen Canal, findet man bei FR. ARNOLD (6) und PELECHIN (186).[1]

Lider und Conjunctiva.

§ 32. Die Augenlider müssen als Hautduplicaturen angesehen werden, in deren Faltenwinkel ein quergestreifter Hautmuskel, der *M. orbicularis palpe-*

[1] Die neueste Arbeit LEBER's, (143 a), hält an der Auffassung, dass der Schlemm'sche Canal ein venöser Blutbehälter sei, fest. Die von SCHWALBE mitgetheilte Thatsache, dass sich bei der Injection von der vorderen Kammer aus die Venen am Hornhautrande füllen, bestätigt LEBER, jedoch mit der Einschränkung, dass man eine diffusible (Carmin) und nicht eine colloide Injectionsmasse (lösliches Berlinerblau) wählen müsse, falls man den gewünschten Erfolg haben wolle. Demnach deutet er auch die Injection der Venen als durch eine Diffusion des gelösten Farbstoffes erfolgt und läugnet alle directen Communicationswege zwischen vorderer Kammer und Blutgefässen. — Ich benutzte bei meinen Versuchen Menschen-, Rinder- und Schweinsaugen, alle bis zu einer Stunde nach dem Tode. Als Injectionsflüssigkeiten verwendete ich alkanninhaltiges Terpentin und die bekannte Richardson'sche kaltflüssige blaue Masse; stets konnte ich von der vorderen Kammer aus leicht die genannten Venen füllen. Druckmessungen habe ich nicht angestellt.

brarum, eingeschlossen ist, und bei denen der dem Bulbus zugewendete Faltentheil in seiner innersten Schicht (Conjunctiva) eine schleimhautähnliche Umbildung erfahren hat. Wir haben demnach hier zu betrachten: A) den Hauttheil der Lider, B) den Tarsal- oder Conjunctivaltheil, C) die Muskeln der Lider.

Der sogenannte »Tarsalknorpel« oder »Tarsus« gehört zum Conjunctivalantheil der Lider; er ist nichts anderes als ein eigenthümlich modificirtes subconjunctivales Gewebe.

Die Augenlider gehören zu den complicirtesten Gebilden des thierischen Körpers, indem hier auf einen kleinen Raum eine derartige Menge der heterogensten Gebilde zusammengedrängt sind, wie wir das wol nirgendswo wieder antreffen möchten. Es empfiehlt sich deshalb, um die Uebersicht des Ganzen festzuhalten, an einem mit schwacher Vergrösserung gezeichneten Durchschnittsbilde die einzelnen Theile kurz anzuführen und in ihren topographischen Verhältnissen zu einander vorzulegen:

Die Fig. 26 auf der beigefügten Tafel zeigt bei *A* die Region der Augenlidhaut, bei *B* die des lockeren subcutanen Gewebes; hierauf folgt die durch das ganze Lid ziehende Muskelschicht *C*, von der sich in der Gegend der Lidkante (*I*) einzelne kleinere Bündel, der sogenannte ***Musculus ciliaris Riolani*** (13), abgezweigt haben. *D* ist das lockere Bindegewebe zwischen Tarsus (*F*) und *M. orbicularis*. Zwischen beide schiebt sich hinten der glatte Müller'sche Lidmuskel (*E*) ein. *G* ist das eigentliche Conjunctivagewebe mit Epithel. Dasselbe ist mit kleinen Lymphkörperchen infiltrirt und durch einen langen Zug paralleler Fasern (19) vom Tarsusgewebe abgesetzt. Bei *H* erfolgt der Uebergang der Lidkante (*I*) in das Conjunctivalgewebe. An letzterem unterscheiden wir einen glatten Theil (den vorderen) von einem buchtigen hinteren (*L*). Oberhalb des letzteren zeigt die Figur die Durchschnitte zweier acino-tubulärer Drüsen, die hier noch im Bereiche des Tarsus selbst liegen (Krause'sche Drüsen). Von diesen aus bis zur Lidkante erstreckt sich die lange Meibom'sche Drüse (15), welche der Schnitt hier gerade mit ihrem Ausführungsgange (14) getroffen hat. Der Ausführungsgang steckt zwischen 2 Bündeln des Riolan'schen Muskels. Weiter zur Haut hin folgt nach aufwärts vom grösseren Bündel dieses Muskels eine eigenthümliche Drüsenform (12), welche ich als »modificirte Schweissdrüse« bezeichne. Dieselbe mündet in eine Talgdrüse ein. Am hinteren Ende der Drüse, bei 26, liegt der Durchschnitt einer grösseren *A. palpebralis*, dann folgen 2 Cilien in ihren Bälgen (11), am Balge der grösseren finden wir wieder einzelne quergestreifte Muskelfasern (13). 7 ist ein etwas grösserer Haarbalg. In der Hautpartie des Lides bemerken wir Haarbälge (6), Schweissdrüsen (5), Durchschnitte von Gefässen (9), Nerven (8) und pigmentirte Zellen (4). Der ganze Bezirk *K* wird als *Regio ciliaris* bezeichnet.

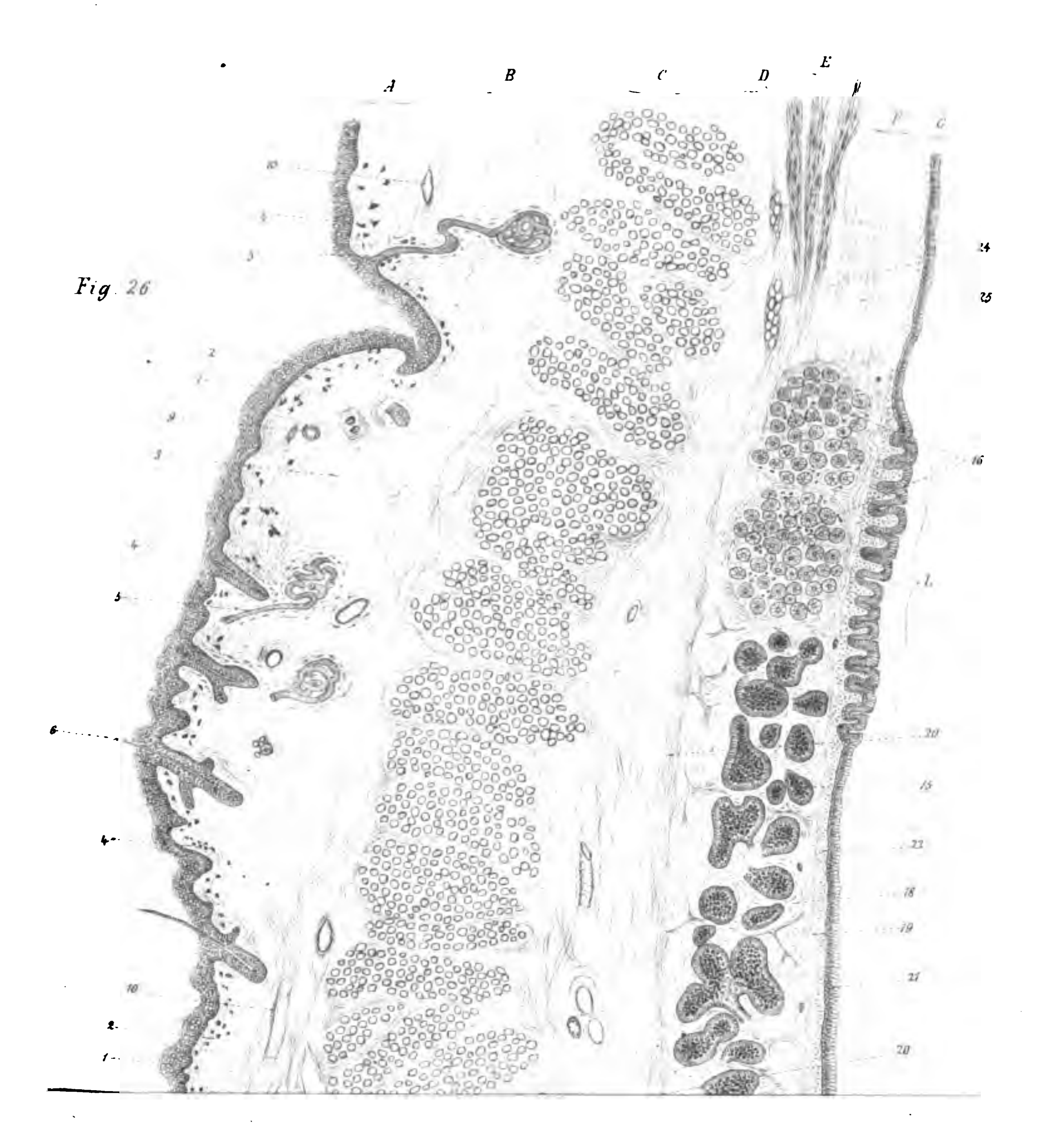
§ 33. Hauttheil der Lider. Der Hauttheil der Lider zeigt einen verschiedenen Bau an dem sogenannten Lidrücken und an der Lidkante, wie wir den nach vorne etwas zugespitzten Theil benennen, der die Lidspalte zunächst begrenzt. Die einzelnen Theile des Hautbezirkes sind mit kurzer Characteristik bereits im Vorigen aufgezählt worden. Von weiterem Detail ist Folgendes nachzutragen:

An dem dünnen, aus dehnbaren welligen Bindegewebsfaserbündeln bestehenden Cutisstratum sind die Papillen wenig entwickelt, und, so viel ich sehe,

Fig. 26. Senkrechter sagittaler Durchschnitt des oberen Augenlides vom Menschen.

(Hartnack II, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.)

A) Region der Cutis.
B) Region des lockeren Bindegewebes zwischen Cutis und M. orbic. palpebrarum.
C) Region des M. orbic. palpebrarum.
D) Region des lockeren Bindegewebes zwischen Tarsus und M. orbic. palpebrarum.
E) Vorderste Bündel des glatten Lidmuskels sich in den Tarsus inserirend.
F) Region des Tarsus.
G) Region der Conjunctiva palpebralis.
H) Grenze zwischen Pflasterepithel und geschichtetem Cylinderepithel (Lidkante und Conjunctivaltheil des Lides).
I) Region der Lidkante (bis zur Mündung der Meibom'schen Drüse) ausgezeichnet durch stärkeres Epithel.
K) Ciliartheil des Lides (vom Beginn der Cilien bis zur Mündung der Meibom'schen Drüsen.
L) Region der Conjunctivabuchten.
1) Epidermis mit drei Schichten; die dunklen Körner in der untern Cylinderzellenlage deuten das hier reichlich entwickelte Pigment an.
2) Cutis (festere Bindegewebszüge).
3) Tela subcut. (lockere Bindegewebszüge).
4) Pigmentzellen der Cutis.
5) Schweissdrüsen.
6) Haarbälge mit Haaren.
7) Grösserer Haarbalg mit Haar (Uebergangsform zu den Cilien).
8) Nervendurchschnitte.
9) Arterien.
10) Venen.
11) Cilien mit ihren Bälgen; an der grösseren zwei kleine Haarbalgdrüsen.
12) Modificirte Schweissdrüse in eine Talgdrüse mündend.
13) M. ciliaris Riolani.
14) Mündung der Meibom'schen Drüse (vordere Tarsaldrüsen).
15) Endkammern der Meibom'schen Drüse.
16) Hintere Tarsaldrüsen (acino-tubuläre Drüsen).
17) Stark geschichtetes Cylinderepithel des Anfangstheils der Conjunctiva palpebrarum.
18) Derbes Bindegewebe des Tarsus.
19) Bindegewebiger Längsfaserzug an der unteren Tarsalfläche.
20) Stärkerer bindegewebiger Längsfaserzug an der oberen Tarsalfläche.
21) Tiefere Schicht kleiner rundlicher, sich stark tingirender Zellen des Conjunctivaepithels.
22) Cytogenes Conjunctivalgewebe.
23) Nervendurchschnitt.
24) Fettträubchen.
25) Lockeres Bindegewebe, in welches der Tarsus an seinem hinteren Ende übergeht.
26) Durchschnitt einer A. palpebralis.


Fig. 26
A
B
C
D
E
24
25
16
20
15
22
18
19
21
20
10
2
1
6
5
4

ohne Ausnahme Gefässpapillen. Beides ändert sich auffallend an der Lidkante; hier finden wir ein derbes bindegewebiges Cutisstratum und sehr entwickelte Papillen, in deren tiefe Buchten sich die Epidermiszapfen in gewöhnlicher Weise einsenken. Die Epidermis des Lidrückens ist dünn, zeigt aber alle Schichten: Hornschicht, mittlere Lage mit Stachel- und Riffzellen, sowie die unterste Cylinderzellenschicht deutlich entwickelt. Stärker ist, schon der tiefen Buchten wegen, die Epidermis der Lidkante; ihr Verhalten an der Uebergangsstelle zur Conjunctiva soll bei der letzteren (§ 36) besprochen werden.

Die Haare sind ziemlich reichlich vorhanden, kurz, dünn, nur bis zu geringer Tiefe eingesenkt und zeigen eine sehr verschiedene Richtung. Die Haarbalgdrüsen sind klein, aber mit grosser Regelmässigkeit ausgebildet. Auffallend erscheint die grosse Zahl der ebenfalls nur kleinen Schweissdrüsen. Bemerkenswerth ist die Thatsache, welche sich übrigens bei allen ähnlich construirten Geweben in gleicher Weise wiederholt, dass die in das relativ festere Cutisgewebe eingefügten Gebilde, wie Haarbälge, Haarbalgdrüsen und Schweissdrüsen, ebenso die Gefässe und Nerven, von kleinen Zügen mehr lockeren adventitiellen Bindegewebes umscheidet sind, ein Umstand, der bei der Verbreitung irgendwelcher pathologischer Processe in Betracht kommt, und worauf ich mit besonderer Beziehung für die Augenlider bereits an einem anderen Orte (245) hingewiesen habe. Diese lockeren Züge enthalten auch platte Bindegewebskörper von endothelähnlicher Form in etwas grösserer Zahl und setzen sich continuirlich bis in das reichlich entwickelte subcutane Bindegewebe fort. Wenn irgend wo, so verdient an den Lidern das subcutane Gewebe den Namen eines lockeren. Die Maschenräume desselben sind so weit gefügt, das Gewebe selbst in so starker Schicht entwickelt, dass es erhebliche Zerrungen und Dehnungen verträgt, aber auch die bedeutendsten Infiltrationen erleiden kann, welche man im Körper anzutreffen vermag. Für die freie Beweglichkeit der Lider beim Lidschlag war eine derartige Disposition unumgänglich, wie namentlich jede noch so geringe krankhafte Veränderung zeigt, welche das subcutane Bindegewebe trifft. Diese Eigenthümlichkeit der Lider erklärt auch den Farbenwechsel, welcher so häufig an den Lidern und in deren nächster Umgebung erscheint. Hierbei spielen freilich individuelle Verschiedenheiten eine grosse Rolle. Doch kann man im Allgemeinen sagen, dass alle jene Zustände, welche die normale lymphatische Füllung der Maschenräume alteriren, schnell deutlich sichtbare Farbenwechsel hervorrufen, da jene Füllung, des lockeren, fettlosen Zustandes jenes Gewebes halber, für das normale Aussehen der Haut hier mehr in Betracht kommt, als anderwärts.

Eine besondere Eigenthümlichkeit des Hauttheils der Lider bilden die Pigmentzellen der Cutis und besondere grosse dunkelgekörnte Zellen des Cutis- und Unterhautzellgewebes, welche ich in den bisherigen Beschreibungen nicht erwähnt finde. Pigmentzellen im Cutisgewebe gehören bekanntlich beim Menschen zu den grossen Seltenheiten. In der Cutis der Lider kommen sie aber mit grosser Regelmässigkeit vor; bei Brünetten in grösserer Menge als bei Blonden. Sie führen ein gold- bis dunkelbraunes Pigment und liegen besonders in den soeben erwähnten lockeren Bindegewebszügen, welche in Begleitung der Haarbälge und Gefässe die Cutis durchsetzen; vorzugsweise finden sie sich aber in den oberen Schichten.

Besondere Beachtung beanspruchen die zweite Art von Zellen, welche grosse

vollsaftige Körper von unregelmässig cubischer Gestalt, hie und da mit einzelnen Fortsätzen versehen, darstellen. Sie liegen meist zerstreut in den tieferen Schichten der Cutis und in den oberen Lagen des subcutanen Gewebes, und finden sich, worauf ich später zurückkomme, besonders reichlich zwischen den Faserbündeln des von H. Müller entdeckten glatten Lidmuskels, s. Fig. 24. Mitunter enthalten sie unter den starken dunkeln Granulationen, welche sie erfüllen, braungelbe Pigmentkörnchen, hie und da auch bei ganz normalen Lidern mittelgrosse Fetttröpfchen, wie man sie beim *Xanthelasma palpebrarum* in ähnlichen grossen Zellen antrifft.

Durch allmähliche Uebergangsformen, welche sich mir darstellten, bewogen, möchte ich die Pigmentzellen als solche grosse Zellen von modificirter Form auffassen und für die pathologische Anatomie des Xanthelasma auf diese Bildungen besonders aufmerksam machen. — Im festen Gewebe der Lidkante habe ich diese Zellen stets vermisst.

§ 34. Tarsaltheil und Lidkante mit Conjunctiva, Drüsen und Cilien. Das Gewebe des sogenannten Tarsus oder »Lidknorpels« ist ein äusserst derbes festes Bindegewebe, in welchem, wie in dem Gewebe der Sklera und Cornea, Saftlücken und Saftcanälchen eingegraben sind. Wären nicht die verschiedenen einander durchkreuzenden Züge von Gefässen und Nerven, welche, von mehr lockerem Gewebe begleitet, das Tarsalstroma durchsetzen, so würde das letztere fast ganz homogen erscheinen. Knorpelzellen fand ich im Tarsus des Menschen niemals, wie ich Sappey und Kölliker (117, 118) gegenüber hervorheben möchte.

Gegen den quergestreiften Lidmuskel ist der Tarsus durch eine dünne Lage lockeren Bindegewebes abgesetzt; nach vorne geht er in das feste Bindegewebe der Lidkante continuirlich über. Am oberen Lid pflanzen sich in seinem mittleren Bezirke die Sehnenfasern des *Musc. levator palpebrae superioris*, flach ausgebreitet, direct in den Tarsus ein. Nach hinten (zum *Fornix conjunctivae* hin) inserirt sich der glatte H. Müller'sche Lidmuskel, während das feste Bindegewebe des Tarsus selbst allmählich und ohne irgend welche Grenzmarke in das lockere subconjunctivale Bindegewebe sich auflöst. Gegen die *Conjunctiva palpebralis* ist das Tarsalgewebe durch einen besonderen Zug von Längsfasern, welche in der Richtung vom Fornix zur Lidkante ziehen, abgesetzt. — Zweierlei Drüsen, von welchen weiter unten im Zusammenhange die Rede sein wird, liegen im Tarsus eingebettet: die Meibom'schen Drüsen und ein Theil der acinotubulären Tarsaldrüsen.

Von der eigenthümlichen Beschaffenheit des Gewebes der Lidkante ist schon wiederholt als eines besonders derben festen Bindegewebes die Rede gewesen. Die am meisten characteristischen Eigenthümlichkeiten erhält dieser Theil des Lides aber durch die zahlreichen in denselben eingebetteten Gebilde, die Cilien, Drüsen und die der Lidkante besonders angehörenden Fasern des *Musculus orbicularis palpebrarum*.

Die Cilien sind eigenthümlich gerichtete sehr starke Haare, welche sehr tief wurzeln. Sie gewinnen durch ihre ganz bestimmte Richtung und durch ihren raschen Wechsel, wobei sie sich meist bis ins höchste Alter erhalten, ein besonderes Interesse. Nach den Untersuchungen von Moll und Donders hat jede Cilie eine Lebensdauer von ungefähr 100 Tagen, und sind daher an den

Lidrändern stets mehrere Entwickelungsstufen von Haaren zu finden. Die Entwickelung der Cilien beim Fötus geht nach SCHWEIGGER-SEIDEL von den die Lider verklebenden interpalpebralen Rete-Schichten aus. Die mikroscopische Structur und Textur der Cilien erfordert kaum eine besondere Besprechung, da sich an ihnen alle Theile in derselben Weise, wie an anderen starken Haaren, wiederfinden. Erwähnenswerth ist nur, dass ihre epidermoidale Wurzelscheide gut entwickelte Riffzellen führt, und dass ihre Haarpapille meist auffallend stark ist. Auch sind sie fast bei allen Individuen reichlich pigmentirt. Besondere Nervenendigungen habe ich an ihnen nicht auffinden können. Die am oberen Lide nach aufwärts, am unteren nach abwärts concave Richtung der Haare ist bereits durch eine entsprechend gekrümmte Direction ihres in der Lidkante implantirten Theiles vorgebildet. Sie liegen stets oberhalb, bez. unterhalb der Meibom'schen Drüsen und haben mit den letzteren nichts zu thun, zumal sie eigene, wenn auch auffallend schwache Haarbalgdrüsen besitzen. Im festen Gewebe der Lidkante haben sie einen besonders sicheren Halt, und wird ihnen dieser noch durch die eigenthümliche Verbindung mit dem *M. orbicularis palpebrarum*, § 39, gesichert.

§ 35. Von secernirenden Drüsen der Lider und der Conjunctiva finden sich eine Reihe verschiedener Formen und zwar 1) die Meibom'schen Drüsen. 2) Schweissdrüsen gewöhnlicher Form. 3) Modificirte Schweissdrüsen der Lidkante und der *Caruncula lacrymalis*. 4) Die Knäueldrüsen des *Limbus conjunctivae*. 5) Die Krause'schen Drüsen oder die acinotubulären Tarsaldrüsen. 6) Die sogenannten Manz'schen Drüsen der Conjunctiva. Wir sehen hierbei ab von den Haarbalgdrüsen als speciell zu den Haaren gehöriger und bei diesen bereits erwähnter Gebilde und haben somit noch die unter Nr. 1 und 3—6 aufgeführten Gebilde näher zu besprechen, da die normalen Schweissdrüsen schon bei der Darstellung des Hauttheils der Lider ihre Erledigung gefunden haben.

Die Meibom'schen Drüsen gehören, ungeachtet sie im Tarsus eingebettet sind, ihrer ganzen Entwickelung und ihrem histologischen Baue nach dem Hauttheile der Lider an. Sie bilden sich von der Lidkante aus, und zwar von deren Epithel, so weit es noch den Character einer ächten Epidermis an sich trägt. Der sehr weite Ausführungsgang führt noch eine lange Strecke weit eine gewöhnliche Epidermis mit allen ihren Zellenschichten, darunter in der mittleren Lage auch wohlausgebildete Riff- und Stachelzellen. Von dem ziemlich gerade im Tarsus verlaufenden centralen Ausführungsgange gehen nach allen Seiten kurze, kolbige, senkrecht aufsitzende Seitenstücke aus, welche meist noch ein- oder auch zweimal kurz verzweigt sind. Die Endacini führen ein kubisches Epithel, welches nach dem Centrum hin in eine vertalgte Zellmasse übergeht. Die letztere erscheint einfach aus abgestossenen verfetteten Epithelzellen gebildet und schliesst sich im Ausführungsgange direct an die Hornschicht desselben an, so dass die talgigen Secretmassen (Augenbutter — *Lema*, *s. Sebum palpebrale*) einfach als modificirte Hornschichtzellen betrachtet werden können. Die Epithelmassen der Drüse liegen, wie es mir erschienen ist, ohne besondere *Membrana propria*, welche von den meisten anderen Autoren, namentlich COLASANTI (39), angenommen wird, direct im festen Bindegewebe des Tarsus eingeschlossen. Ebenso-

wenig konnte ich mit Sicherheit glatte Muskelfasern um die Gänge constatiren, wie sie neuerdings von Colasanti (39) in einer kapselähnlich die Drüsenbläschen umscheidenden Lage beschrieben worden sind. Colasanti fand auch an Goldpräparaten ein reiches Netz markloser feiner Nervenfibrillen, welches sich im Innern der Alveolen zwischen den Secretzellen derselben ausbreiten soll. Markhaltige Nervenfasern sollen die Blutgefässe begleiten, dann, unter Verlust der Markscheide, die *Membrana propria* der Alveolen durchbohren, um in das genannte Netzwerk sich aufzulösen.

Sehr eigenthümliche Bildungen sind die modificirten Schweiss- oder Knäueldrüsen der Lidkante. Fast constant trifft man auf jedem Querschnitte des Lides, s. Fig. 26, (12), eine solche Drüse zwischen den Cilien und der Hauptportion des *Musculus ciliaris Riolani.* Der Ausführungsgang mündet nach aussen stets in eine Talgdrüse und geht nach innen direct in einen sehr weiten wenig gewundenen länglichen Endgang über, der ebenfalls sehr weit erscheint und auf Durchschnitten Bilder wie von runden Blasen gibt. Dieser weite leicht gewundene Endgang ist von einer einfachen cylindrischen Zellenschicht ausgekleidet. Die Kerne dieser Zellen liegen der *Membrana propria* zugewendet: ihre zum Lumen schauenden Endstücke setzen sich so wenig unter einander ab, dass sie in eine einzige homogene Masse verschmolzen erscheinen, in der nur mitunter einzelne radiäre feine Streifen die Zellengränzen andeuten.

In den Endtubulis finden sich als Sekretmassen feinkörnige Substanzen und dazwischen ganz blasse kuglige Körper wie Eiweisstropfen. Dass diese Drüsen als modificirte Schweissdrüsen aufzufassen seien, lehrt ihr Verhalten in der *Caruncula lacrymalis*, wo man einen Theil der Endtubuli in der bei den Schweissdrüsen gewöhnlichen Form, den andern in der besprochenen Weise verändert sehen kann. Ueber die Bedeutung dieser Drüsen lässt sich zur Zeit noch nichts Bestimmtes aussagen.

Die acino-tubulären Drüsen liegen beim Menschen an bestimmten Stellen, am hintersten, dem Fornix nächsten Rande des Tarsus, und zwar vorzugsweise an der inneren der Nase näheren Partie desselben. Man trifft sie dort sowohl längs des Tarsalrandes, als auch zum Theil noch im Gewebe des Tarsus selbst. Sie sind im oberen Lid zahlreicher als im unteren; nach W. Krause's (122 und seines Schülers Kleinschmidt (116) Angaben finden sich etwa 42 im oberen, 6—8 im unteren Lide. Ihre Ausführungsgänge münden daselbst auf der *Conjunctiva fornicis.* Der zu einem Ausführungsgange gehörige Drüsenkörper ist relativ gross und setzt sich zusammen aus kurzen schlauchförmigen Drüsenendkammern, denen noch rundliche beerenförmige Anhänge vielfach ansitzen. Es mag daher, wie bei den Brunner'schen Drüsen des Darmes, der Name »acino-tubuläre Drüsen« gerechtfertigt erscheinen. Die Tubuli und die ihnen ansitzenden runden Endbläschen sind gross und mit ziemlich klaren ansehnlichen Epithelzellen gefüllt. Im Centrum der Acini finden sich Gebilde, welche den von Langerhans beim Pankreas beschriebenen centroacinären Zellen entsprechen. Das Zwischengewebe und die Membrana propria mit ihren korbartigen Zellennetzen weichen von dem Verhalten anderer traubiger Drüsen nicht ab. Bei Thieren kommen am dritten Augenlide nach den Angaben von W. Krause, Stromeyer, Kleinschmidt, Leydig und Schmid solche kleine, traubenförmige Drüsen ebenfalls vor (an der vorderen Fläche und in der Uebergangsfalte desselben).

§ 36. Die dem Bulbus zugewendeten Lidflächen, so wie die Vorderfläche des Bulbus sind von einer schleimhautähnlichen Membran, der sogenannten Bindehaut, *Conjunctiva*, überzogen, welche in veränderter Form auch über die Vorderfläche der Hornhaut hinweggeht, somit einen Sack bildet, der nur an der Lidspalte offen ist, und durch Vermittelung der Thränenwege mit der Nasenhöhle communicirt.

Bereits vorhin in § 29 habe ich mich der Ansicht derer angeschlossen, welche die vorderen Schichten der Hornhaut sammt deren Epithel als zur Conjunctiva gehörig betrachten. Aus rein praktischen Gründen habe ich schon an der betreffenden Stelle diese Theile, so weit sie im Bereiche der Cornea liegen, mit der letzteren zusammen abgehandelt; es erübrigt daher nur hier noch diejenigen Abschnitte der Bindehaut zu betrachten, welche der Lidfläche angehören und die, welche die Sklerotica bis zum Hornhautfalz bekleiden, so wie die Uebergangsstrecke zwischen beiden, den sogenannten *Fornix conjunctivae*. Hierzu kommen zwei Grenzgebiete, der Uebergang zur äusseren Haut an der Lidkante und der Uebergang in den Conjunctivalantheil der Cornea, der sog. *Annulus* oder *Limbus conjunctivae*.

Auf dem senkrechten Durchschnitt zerfällt die Conjunctiva in drei Schichten: das Epithellager, die *Tunica propria conjunctivae* und das lockere subconjunctivale Gewebe. Hierzu kommen die Blut- und Lymphgefässe der Conjunctiva sowie zahlreiche Nerven. — Der Lid- oder Tarsaltheil der Conjunctiva beginnt mit den hinteren Ecken der Lidkanten und erstreckt sich, so weit der Tarsus reicht, also bis zur Insertionslinie des glatten Müller'schen Lidmuskels. Man kann nach der histologischen Beschaffenheit, die auch schon makroscopisch ihren Ausdruck findet, am Tarsaltheile wieder eine vordere und hintere Abtheilung unterscheiden. Die hintere Abtheilung ist durch eigenthümliche, untereinander communicirende buchtige Einsenkungen des Epithels so wie durch eine sehr reichliche Infiltration des Conjunctivalgewebes mit Lymphkörperchen ausgezeichnet. Die vordere Abtheilung der Tarsal-Bindehaut ist dünner und zeigt nur flache Buchten in geringer Zahl; auch ist die lymphatische Infiltration dort weit weniger ausgeprägt.

Das Conjunctivalepithel besteht in diesen Bezirken im Allgemeinen aus zwei Lagen, einer oberen Lage cylindrischer Zellen, unter welchen sich noch eine einschichtige tiefere Lage kleiner plattrundlicher Zellen vorfindet; doch zeigen sich an den verschiedenen Localitäten mannichfache Abweichungen. — Der Uebergang des Kantenepithels in das Epithel der Conjunctiva macht sich derart, dass die tiefsten cylindrischen Zellen des *Rete Malpighii* der Lidkante allmählich in die eben erwähnte tiefere Lage kleiner rundlich-kubischer Zellen übergehen, während an Stelle der oberflächlichen platten Epidermiszellen die Cylinderzellen des Conjunctiva-Epithels treten. Diese Cylinderzellen zeigen übrigens auch sehr wechselnde Formen, indem wir neben langen, sehr schlanken Zellkörpern auch kurze dicke, fast kubische Zellen finden; fast alle diese Zellen sind nach ihrem aufsitzenden Ende hin kegelförmig zugespitzt. Auf der Höhe der zahlreichen Vorsprünge, welche das Conjunctivaepithel bildet, sind nur diese beiden Zellenlager, cylindrische oben, kleine rundliche mehr in der Tiefe, vorhanden; in den Buchten zwischen jenen Vorsprüngen, drängen sich Zellen der vielgestaltigsten Formen zwischen die Cylinderzellen ein, so dass das Epithel mehrschichtig erscheint. — Eigenthümlich ist ein schmaler hyaliner Saum am freien Ende der cylindrischen Epithelzellen, und die reichliche Metamorphose

der äusseren Epithelzellen zu grossen schleimführenden runden Körpern, welche, nach Art der Becherzellen im Darm, hier zwischen den normalen Conjunctivalepithelzellen als grosse blasige Körper vorspringen und sich auf allen Theilen der Conjunctiva, namentlich aber auf der *Conjunctiva bulbi* finden. Sie gewähren den Flächenpräparaten dieser Haut ein höchst characteristisches Aussehen.

Die hintere Abtheilung der Tarsalconjunctiva ist fast bis zum Fornix hin in einer etwa 3 — 4 Mm. breiten von links nach rechts verlaufenden Zone ausgezeichnet durch mehr oder minder tief eingreifende, in mäandrischen Linien verlaufende Spalten und Furchen, welche netzförmig unter einander zusammenhängen und in den Netzmaschen rundliche, nach der Oberfläche hin abgeplattete Vorsprünge des Conjunctivalgewebes von sehr wechselnder Grösse umschliessen. Auf senkrechten Durchschnitten geben diese Furchen oft täuschend das Bild einfacher kurzer schlauchförmiger Drüsen, zumal das Epithel in der Tiefe der Furche seinen Character etwas ändert. Denn es hat zwar im Allgemeinen dieser hintere gefurchte Theil der Conjunctiva ein dem vorhin angegebenen Schema entsprechendes Epithel: Cylinderzellen auf der Oberfläche, kleine runde Zellen in der Tiefe, doch sind die Cylinderzellen in der Tiefe der Buchten viel länger und schöner ausgebildet als auf den zwischen den Furchen gelegenen Partieen.

Henle, welcher das Querschnittsbild dieser Furchen zuerst beschreibt, deutete dasselbe einfach auf hier vorhandene schlauchförmige Drüsen. Stieda lehrte uns den richtigen Sachverhalt kennen, der namentlich durch Flachschnitte aufgeklärt wird. Wenn nun auch keine Drüsen nach dem Baue irgend einer der gewöhnlichen Formen hier vorliegen, so darf man doch, bei der Constanz dieser Bildungen und der eben erwähnten Abänderung des Epithels, wol fragen, ob nicht diese furchenartigen Einsenkungen als schleimabsondernde drüsige Bildungen fungiren können. Mir ist diese Ansicht wahrscheinlich, zumal man mitunter schleimige Massen in der Tiefe der Furchen antrifft. Jedenfalls ist die Oberflächenvergrösserung zu notiren, welche damit für die Conjunctiva und namentlich für den lymphatisch infiltrirten Theil derselben, der hauptsächlich hier sich findet, gewonnen wird.

Die *Tunica propria conjunctivae* als Unterlage des Epithels ist die einzige Schicht, welche die Bindehaut am Tarsaltheil noch besitzt; eine *Tunica submucosa* im gewöhnlichen Wortsinne fehlt hier, da der Tarsus selbst an deren Stelle tritt. In der bindegewebigen Grundlage der *Tunica propria* finden sich nur wenig elastische Fasern, wenigstens soweit das Gebiet der Lider reicht. Der Tarsus ist gegen das eigentliche Conjunctivalgewebe recht scharf abgesetzt, einmal durch den besonderen, bereits früher erwähnten Längszug von Fasern, und dann durch die gleich näher zu erörternde lymphatische Infiltration der *Tunica propria*, welche mit jenen Längszügen des Tarsus aufhört.

Das lymphatisch-infiltrirte Conjunctivalgewebe umfasst den Tarsaltheil desselben bis in die *Pars fornicis* hinein. Die lymphatische Infiltration ist am stärksten in dem hinteren, dem Furchennetze der Bindehaut entsprechenden Abschnitte entwickelt. Hier nimmt die *Tunica propria* durch äusserst zahlreich eingebettete, den Lymphkörperchen vollkommen gleichende Elemente ganz die Beschaffenheit eines gewöhnlichen adenoiden Gewebes an, wie wir es in der Mucosa des Darmcanals wiederfinden. Pinselt oder schüttelt man dünne Flachschnitte des Conjunctivalgewebes dieser Localitäten aus, so bleibt ein feinmaschiges Fasernetz zurück, in dessen Knotenpuncten vielfach Kerne liegen, mitunter, namentlich bei jüngeren Individuen, lässt sich auch ein deutliches anasto-

mosirendes Zellennetz erkennen. Die Maschenräume dieser Faser- oder Zellennetze sind ziemlich dicht mit Lymphkörperchen ausgefüllt; auch finden sich einzelne jener grossen in § 33 beschriebenen Zellen und Pigmentzellen. In der gesunden menschlichen Conjunctiva sieht man nur diese diffuse flächenhafte lymphatische Infiltration, diese aber auch constant vom ersten Lebensjahre bis zum höchsten Alter. Niemals, an keiner Localität der Conjunctiva, habe ich gut ausgebildete Lymphfollikel angetroffen. Bei vielen Thieren finden sich dagegen stets ächte Lymphfollikel mit ihrem ganz characteristischen Bau. Sie liegen bei unsern gewöhnlichen Hausthieren im inneren Augenwinkel, besonders am unteren Lide, und dann in der Uebergangsfalte zwischen Nickhaut und Bulbus. Bei einzelnen Species bilden sie recht ansehnliche Agglomerate (Bruch'scher Haufen der Rinder z. B.). Frey und Huguenin (65), welche die Circulationsverhältnisse dieser Theile an Injectionspräparaten studirt haben, fanden hier ähnliche Verhältnisse wieder, wie sie bereits von Frey und Andern an den Lymphfollikeln anderer Körpertheile geschildert worden sind. Sie trafen intrafollikuläre Lymphspalten, die zu wohlausgebildeten Lymphgefässen der Conjunctiva führten, vermissten aber vollkommen geschlossene Blutgefässringe, die indessen Mauchle (160) injiciren konnte. Letzterer wies in den Lymphräumen auch einen continuirlichen Epithelbeleg nach. Nach der Lidkante wie zum Fornix hin nimmt die lymphatische Infiltration allmählich ab.

Die *Pars fornicis* der Conjunctiva, welche nur gegen den Tarsaltheil schärfer begrenzt ist, zum Skleraltheile aber ohne jegliche bestimmte Marke übergeht, zeichnet sich durch die besonders reichliche Entwickelung eines lockern mit vielen elastischen Fasern durchsetzten subconjunctivalen Gewebes aus; auch die zunächst unter dem Epithel gelegene *Tunica propria* ist hier von mehr lockerer Beschaffenheit, nicht bestimmt von der Submucosa abgesetzt, und reicher an elastischen Fasern als die Conjunctiva der Lider. — Das Epithel ist mehrschichtig; zuoberst finden sich kurze Cylinderzellen, darunter eine zwei bis dreifache Lage unregelmässig rundlicher Zellkörper, so dass dadurch der Uebergang zu dem geschichteten Pflasterepithel der *Conjunctiva bulbi* angebahnt wird. — Das Epithel zeigt nur sehr wenige und sehr flache Einsenkungen in das unterliegende Bindegewebe. — Drüsen finden sich im eigentlichen Conjunctivalgewebe des Fornix, ausser den Krause'schen Drüsen, nicht vor.

Die *Pars bulbi* bewahrt bis zum sogenannten *Annulus conjunctivae* hin, was die *Tunica propria* und das subconjunctivale Gewebe anlangt, den so eben vom Fornix beschriebenen Character. Nur ist hier der grosse Gefässreichthum — namentlich relativ weite Venen — zu erwähnen, nebst einem etwas reichlicheren Vorkommen von runden lymphatischen Zellen und Fettzellengruppen. Die Züge des subconjunctivalen Gewebes verbinden sich mit den Fasern der Sklera, so wie auch von der *Tunica propria* und der subconjunctivalen Schicht einzelne Faserzüge sich mit den Sehnen der Augenmuskeln verbinden. Der letztere Umstand beugt einer zu starken Faltung der Membran bei den Bewegungen des Bulbus vor. Das Epithel, das nach hinten von derselben Beschaffenheit wie am Fornix erscheint, nimmt weiter nach vorn immer mehr die Beschaffenheit des Cornealepithels an, auf dessen Schilderung hier verwiesen wird. Mitunter fand ich in den mittleren Lagen des Epithels Zellen mit zwei Kernen. Auf der ganzen *Pars bulbi* sind besonders jene vorhin erwähnten grossen blasigen Schleimzellen deutlich zu

sehen. Der *Annulus conjunctivae* ist ausgezeichnet durch die Festheftung, welche das Conjunctivagewebe hier mittelst aufsteigender Fasern erfährt. Diese kommen aus der Sklera und gehen fast rechtwinklig in die *Tunica propria* über. Das subconjunctivale Gewebe nimmt auch eine derbere Beschaffenheit an und lässt sich beim Menschen schliesslich von der *Tunica propria* und der Sklera nicht scharf mehr unterscheiden. Die *Tunica propria* schickt reichliche kurze Gefässpapillen in das Epithel hinein.

§ 37. Die Blutgefässe der Conjunctiva sind in den verschiedenen Regionen verschieden entwickelt. Besonders bedacht sind der *Annulus conjunctivae*, dessen wir bereits bei der Besprechung der Hornhaut erwähnt haben, dann die Umgebung der *Caruncula lacrymalis* so wie diese selbst und die Buchtenzone der Tarsalbindehaut. Besondere Verhältnisse bieten, abgesehen vom *Annulus conjunctivalis*, die Gefässe nirgends dar; man müsste denn die im Bereiche der Lider um die Gefässe vorhandene stärkere Anhäufung von Pigmentzellen hervorheben wollen. Wolfring (255) macht auf die reichlichen Capillar- und Venennetze um die Tarsaldrüsen aufmerksam; er gibt überhaupt die detaillirteste Beschreibung der Blutgefässe der Lider.

§ 38. Die Nerven der Lider sind, soweit es das Verhalten in der Lidhaut und an den drüsigen Elementen der Lider betrifft, mit Ausnahme der jüngst erschienenen Arbeit Colasanti's, aus der das Wichtigste bei Besprechung der Meibom'schen Drüsen bereits mitgetheilt wurde, bis jetzt noch nicht Gegenstand besonderer Untersuchung gewesen. Ich besitze keine ausreichenden eigenen Erfahrungen über diesen Gegenstand, um mir ein eigenes Urtheil erlauben zu können. Mit W. Krause's und Cohnheim's Untersuchungen sind dagegen die Conjunctivalnerven Gegenstand einer Reihe von Specialrecherchen geworden. Die hier zu besprechenden Nervenverzweigungen sind theils solche, welche der Conjunctiva ausschliesslich angehören, theils solche, welche von da aus zu benachbarten Gebilden, namentlich zur Hornhaut, durchtreten. Die Haupteintrittsstellen der Nerven, welche den *Nn. lacrymalis* und *infratrochlearis*, z. Thl. auch, vgl. Giraldès études anat. sur l'oeil, Thèse. Paris 1836, und Beck [(12) p. 19,] den *Nervi ciliares* angehören, finden sich am innern und äussern Lidwinkel, und ihr hauptsächlichster Verbreitungsbezirk ist die *Conjunctiva scleroticae*. Wir haben hier nur noch die eigenen Nerven der Conjunctiva zu betrachten und verweisen in Bezug auf die durchtretenden Stämmchen auf das betreffende Capitel bei der Hornhaut.

In der *Conjunctiva palpebralis* hat W. Krause (124) neuerdings, besonders in der Nähe des Ciliarrandes, Gefässpapillen und Tastpapillen nachgewiesen, welche letztere ein Tastkörperchen, ganz vom Baue der Tastkörperchen der Cutis, führen; sie gehören zu den kleineren Formen. — Die meist aus 5—6 Nervenprimitivfasern zusammengesetzten Nervenstämmchen der *Conjunctiva bulbi* fahren unter ziemlich rasch fortgesetzter dichotomischer Theilung bald in die einzelnen Primitivfasern auseinander, welche dabei dem Epithel immer näher rücken. Die einzelnen Primitivfasern verlaufen nun vielfach isolirt und ohne Theilung über sehr bedeutende Conjunctivalstrecken der Fläche nach fort, andere theilen sich auf diesem Wege dichotomisch 3—4 mal, ohne ihre Markscheide einzubüssen.

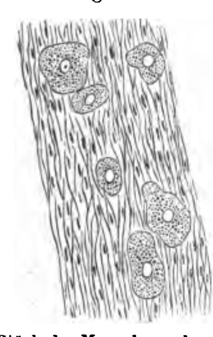
Es gibt kaum ein günstigeres Object, um die Verlaufs- und Theilungsweise, so wie überhaupt das Aussehen frischer Nervenfasern zu studiren als die Conjunctiva, und kann ich ebenfalls die frische Conjunctiva des Menschen und des Kalbes — die von W. KRAUSE am meisten benutzten Objecte — besonders empfehlen. An ganz frischen Präparaten sieht man die Nerven ganz unverändert dicht unter dem Epithel hinziehen und erkennt deutlich in regelmässigen Abständen die von RANVIER beschriebenen *anneaux constricteurs* (Schnürringe), die namentlich stets unmittelbar an den Theilungsstellen vorhanden sind. Nach kürzerem oder längerem Verlaufe verlieren die Fasern meist plötzlich ihre Markscheide und ziehen dann als Axencylinder, nur noch von der Schwann'schen Scheide umgeben, weiter. Dicht unter dem Epithel bilden diese zarten, nunmehr marklosen Fasern ein sehr weitmaschiges Netz, von dem aus, besonders am *Annulus conjunctivae*, wenige Fasern in das Epithel selbst einstrahlen, um hier zwischen den Epithelzellen ein etwas engeres Netz zu bilden, und, wie es scheint, hier und da mit freien, spitz zulaufenden Fäserchen zu enden. Ein anderer Theil der Conjunctivalnerven umspinnt mit feinen Fädchen die Gefässe der Conjunctiva, namentlich am *Annulus*; es gelang mir jedoch nicht, über deren Endverhalten und namentlich über ihre Beziehungen zu der Gefässwand ins Reine zu kommen.

Die genauere Erforschung der Conjunctivalnerven beginnt mit W. KRAUSE (123), welcher dieselben in den von ihm zuerst beschriebenen »Endkolben« enden lässt. Er fand die letzteren jedoch nur beim Menschen und einigen Thierspecies, z. B. beim Kalbe, während er sie bei anderen vermisste. Sie sollen an manchen Stellen dichter, an anderen sparsamer liegen; im Allgemeinen seien auf eine Quadratlinie Conjunctiva beim Kalbe etwa 13 Endkolben zu rechnen. Beim Menschen werden, s. WECKER's Handbuch der Augenheilkunde I. p. 7, von KRAUSE 76—82 Stück auf ein Quadratmillimeter Fläche der *Conjunctiva bulbi* angegeben. JULIUS ARNOLD (10a) bestritt mit gewichtigen Gründen das Vorkommen von Endkolben in der Conjunctiva; für KRAUSE traten dann FREY (63) und KÖLLIKER (118), Letzterer durch eine Arbeit seines Schülers LÜDDEN, in die Schranken. Die neuesten Bearbeiter der Conjunctiva, HELFREICH (81), MORANO (165), STRICKER (230) beobachten in ihren zum Theil monographischen Arbeiten ein auffallendes Schweigen. HELFREICH gibt an, dass er nur einmal, und zwar beim Frosch, ein Gebilde gefunden habe, welches einem Endkolben ganz und gar gleich sah; sonst sind offenbar seine auf diese Gebilde hin gerichteten Untersuchungen resultatlos geblieben. Es fällt mir schwer, Forschern wie W. KRAUSE, KÖLLIKER und FREY nicht zustimmen zu können und mit einer direct negirenden Angabe hier eintreten zu müssen. Ich habe jedoch sowohl in der Conjunctiva des Menschen wie auch in der des Kalbes stets vergeblich nach den Krause-schen Endkolben gesucht, ungeachtet ich mich mit aller Sorgfalt an die von W. KRAUSE empfohlenen Methoden hielt. Was für mich besonders ins Gewicht fällt, ist ausser den bereits von J. ARNOLD vorgebrachten Gründen, die Thatsache, dass ich stets jeden einzelnen Nervenfaden der Conjunctiva, welchen ich überhaupt ins Gesichtsfeld des Mikroscopes bringen konnte, mit grösster Bestimmtheit bis zu seinem Uebergange in eine marklose Faser direct zu verfolgen vermochte, aber niemals dabei auf einen Endkolben oder ein ihm nur ähnliches Gebilde gestossen bin. Es muss schon sehr auffallen, dass die Endkolben selbst von W. KRAUSE bei einzelnen Thieren ganz vergeblich gesucht wurden, und dass sie beim Menschen eine ganz andere Form haben sollen, wie beim Kalbe — eine Form, welche bei manchen der gegebenen Abbildungen (cf. KÖLLIKER's Gewebel. Fig. 59, 1 u. FREY's Histol. Fig. 314, 2.) einen starken histologischen Glauben erfordert. — HELFREICH und MORANO haben zuerst das Eintreten blasser Terminalfasern in die Epithelschicht dargethan. JULIUS ARNOLD verdanken wir die Kenntniss des subepithelialen Netzwerkes blasser Fasern. MAUCHLE (160) vertheidigt Beides, sowohl die Endkolben, als auch die Existenz eines unvollkommenen Netzwerkes markloser Fasern.

§ 39. Bemerkenswerth ist die Disposition des quergestreiften Muskels der Lider, des *M. orbicularis palpebrarum*. Eine Portion desselben, welche bereits von Riolanus als *Musculus ciliaris* unterschieden wurde, ist von der zwischen Tarsus und *Tela subcutanea* eingeschobenen Hauptmasse meist durch eine der oben beschriebenen modificirten Schweissdrüsen und die Cilien fast vollständig abgetrennt. Diese Portion tritt in nächste Beziehung zu jenen Schweissdrüsen, den Cilien und den Meibom'schen Drüsen, indem sie ausser einem auf dem Querschnitt rundlich erscheinenden Hauptbündel, s. Fig. 26 No. 13, in zahlreiche einzelne, mitunter nur aus 3 — 4 Muskelfasern bestehende Bündelchen zerfällt, welche jenen Gebilden dicht anliegen. Sie streichen, der Lidkante parallel, dicht an der Cilienwurzel, oder an den Drüsenelementen, besonders aber am Ausführungsgange der Meibom'schen Drüsen her, und scheinen, sei es auf die Richtung der Cilien beim Lidschluss, sei es auf die Entleerung des Secretes der genannten Drüsen bei derselben Bewegung eine besondere Einwirkung auszuüben. Die allgemeinen histologischen Verhältnisse des quergestreiften Lidmuskels anlangend, so ist nur zu bemerken, dass seine einzelnen Muskelfasern zu den schmalsten gehören, welche man im menschlichen Körper findet. Das intermusculäre Bindegewebe zeigt keine Abweichungen von dem Verhalten bei anderen Muskeln.

Der von H. Müller (175) entdeckte glatte Lidmuskel, *M. palpebralis inferior* und *superior*, liegt in beiden Lidern an derselben Stelle nahe der hinteren Tarsalkante zum *Fornix conjunctivae* hin. Derselbe nimmt in flacher membranöser Ausbreitung fast die ganze Länge der Lider (von rechts nach links hin) ein, und laufen seine Fasern dabei vorherrschend in der Richtung von hinten nach vorn, d. h. in der Längsrichtung der Meibom'schen Drüsen, indem die hintersten zugleich der Hautfläche des Lides am nächsten liegen. Sie inseriren sich in den Tarsus, und ihre Sehnen verschmelzen mit dessen Bindesubstanz. Bemerkenswerth ist die Stärke der Muskelfasern sowie die sehr reichhaltige Ansammlung jener vorhin (§ 33) erwähnten, eigenthümlichen grossen Zellen, welche überall im interstitiellen Bindegewebe des Muskels verstreut liegen, mitunter in kleinen Gruppen zusammen, die sich auf Durchschnitten dann fast wie kleine Ganglienzellenhaufen ausnehmen.

Fig. 24.



Stück des Musculus palpebralis superior mit grossen dunkelkörnigen Zellen. (Hartnack VIII, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.)

H. Müller gibt in der kurzen Notiz, welche wir von ihm über diese Muskeln besitzen, an, dass ihre Fasern beim Menschen mit viel Fettzellen durchsetzt wären. Ich finde das für viele Fälle nicht zutreffend. Bei der Katze sind nach H. Müller an beiden Enden der Muskeln elastische Sehnen vorhanden. Die Muskeln sollen die nach den Versuchen von R. Wagner und H. Müller auf Reizung des Halssympathicus eintretende Oeffnung der Lider bewirken.

§ 40. Der innere Augenwinkel birgt zwei eigenthümliche Bildungen, welche hier noch kurz berührt werden müssen, ich meine die sogenannte *Palpebra tertia* und die dicht medianwärts davon gelegene *Caruncula lacrymalis*.

Die Nickhautfalte oder *Palpebra tertia* ist eine beim Menschen nur schwach ausgebildete Falte der Conjunctiva, in welche ein etwas stärkerer, der Conjunctiva angehöriger Bindegewebsstamm mit Gefässen einzieht. Sie liegt hier mit la-

teralwärts leicht concavem freiem Rande unmittelbar neben der *Caruncula lacrymalis*. Mitunter finden sich in der bindegewebigen Grundlage derselben etwas reichlicher angesammelte Lymphkörperchen. Bei Thieren, z. B. unseren Hausthieren, Schaaf, Rind, bildet die *Palpebra tertia* eine sehr mächtige Duplicatur, welche durch eine starke hyaline Knorpelplatte gestützt ist, und in deren Schleimhaut, namentlich zur Basis der Nickhaut hin, traubenförmige Drüsen eingebettet sind. Die ausführlichste Beschreibung der letzteren liefert SCHMID (214).

Die *Caruncula lacrymalis*, genau im innern Augenwinkel gelegen, ist ein kleines rundliches Stück modificirter äusserer Haut, welche dadurch in den inneren Augenwinkel hineingezogen ist, dass der innere Lidwinkel nicht eine einfache Spalte darstellt, sondern in zwei leicht divergirende Schenkel auseinander läuft, welche dann einen kleinen Hautzipfel zwischen sich fassen. Umkreisen nun die divergirenden Lidschenkel diesen Hautzipfel auch von der Nasenseite her, so wird derselbe, wie beim Menschen, ganz von der Nasenhaut abgeschlossen und liegt, wie eine kleine Hautinsel, im sogenannten Thränensee, dem etwas erweiterten Theile des medialen Winkels. Fälle, in denen die beiden Lidschenkel den Hautzipfel von der Nasenseite her nicht ganz umgreifen, so dass derselbe noch durch eine schmale Brücke mit der benachbarten Haut in Verbindung bleibt, lehren die Richtigkeit der obigen Auffassung der Caruncula. Ein treffliches Beispiel der Art bietet das Auge des Kalbes. In solchen Fällen bewahrt die Carunkel auch viel mehr noch ihren angestammten Character als Stück der äusseren Haut. — Die Carunkel zeigt nun noch eine weit grössere Concentration der verschiedenartigsten Gebilde auf kleinem Gebiete als dies die Lider schon aufwiesen. Wir unterscheiden an ihr: 1) das Epithel; 2) papilläre verzweigte Cutisfortsätze, in deren tiefe Buchten sich das Epithel nach abwärts senkt; 3) einzelne Züge glatter Muskeln (H. MÜLLER); 4) einzelne quergestreifte Muskelfasern, welche mit grosser Constanz sich finden und am medialen Rande bis nahe zur Oberfläche verlaufen. 5) Im Thale zwischen Carunkel und Bulbus eine sehr tiefe Bucht, von der aus das Epithel nach Art einer blinddarmförmigen Drüse sich in die Tiefe begibt. 6) Mehrere feine Haare mit relativ sehr grossen Haarbälgen und Haarbalgdrüsen und endlich 7) einige grosse modificirte Schweissdrüsen von derselben Beschaffenheit, wie in der Lidkante. Bemerkenswerth ist für die letzteren, dass, wie erwähnt, immer ein Theil der Drüsengänge seine gewöhnliche Beschaffenheit bewahrt, während die übrigen jene vorhin bei der Lidkante geschilderten Veränderungen erleiden. Der Gefässreichthum der Carunkel ist ein sehr bedeutender, daneben finden sich viel Lymphkörperchen dicht unter dem Epithel. Vom subconjunctivalen Gewebe her reichen einzelne kleine Fetttraubchen hinein. Ueber das Epithel mögen noch ein paar weitere Bemerkungen hier Platz finden. Die oberen Zellen sind cylindrisch und heben sich leicht von den kleineren runden, welche in einfacher Lage darunter liegen, ab; so verhält es sich an den Abhängen des Carunkelhügels. Auf dem Gipfel desselben ist das Epithel dicker und mehrfach geschichtet, indem oben rundliche und pflasterförmige Zellen hinzukommen. Offenbar bewahrt der Gipfel die Eigenthümlichkeiten seiner Herkunft am treuesten.

Die Carunkel ist ein für die Thränenleitung nicht unwichtiges Organ. Im medialen Lidwinkel gelegen, verhindert ihre beständig durch das Drüsensecret geölte Oberfläche den Abfluss der Thränen aus diesem Winkel.

Die erste zusammenhängende und genauere Schilderung des histologischen Baues der Augenlider gab Moll (164). Die Cilien haben bezüglich ihres Baues und ihrer Entwickelung in Moll, Donders (47), Schweigger-Seidel (221) und Stieda (227) gründliche Bearbeiter gefunden. Die acinotubulären Drüsen wurden von C. Krause entdeckt, dann von Sappey, W. Krause (122), E. Klein und Wolfring (257) weiter untersucht. Letzterer liefert eine genaue Darstellung ihrer Lagerungsverhältnisse. Am oberen Lide werden sie durch die Sehne des *M. levator palpebrae* in zwei ungleiche Schichten getheilt, eine kleinere zwischen Sehne und Conjunctiva, eine grössere an der äusseren Fläche der Sehne. Diese letztere liegt nach der Temporalseite der Lider hin. Ihre Ausführungsgänge müssen zum Theil die Sehne durchbohren, um auf der Conjunctiva münden zu können. Die Drüsenacini sind von einem reichlich entwickelten Gefässnetze umflochten. Die in der hintersten Ecke des Tarsus selbst gelegenen Drüsen dieser Art, s. Fig. 26, No. 16, sind zuerst von E. Klein (s. Artikel »Conjunctiva« im Stricker'schen Handbuche der Gewebelehre) abgebildet worden, dann wurden sie ausführlicher von Wolfring beschrieben. Sappey möchte die Krause'schen Drüsen, deren Entdeckung er mit Unrecht für sich in Anspruch nimmt (Traité d'anat. II édit. T. III. 1872), als Homologon der Harder'schen Drüse der Thiere angesehen wissen.

Die Meibom'schen Drüsen haben vor Kurzem im Stricker'schen Handbuche der Gewebelehre und durch Colasanti eine genauere Beschreibung erfahren, welche der Hauptsache nach oben berücksichtigt wurde.

Besondere Drüsenformen wurden, wie bereits kurz erwähnt, bei Thieren noch von Manz (157) beschrieben: die sogenannten Manz'schen Drüsen. Nach den vorhandenen Angaben sollen es rundliche Säckchen mit einer feinen Oeffnung und einem Inhalte sein, der aus Epithelzellen, freien Kernen, kleinen rundlichen Zellen und feinkörnigem Detritus gemischt wäre. Stromeyer beschreibt noch eine dünne glasähnlich durchscheinende Basalmembran an den Säckchen. Diese Bildungen sollen vorzugsweise in der Nähe des Cornealrandes gefunden werden, und sie sind von Stromeyer (231), Kleinschmidt (116) und Henle (84) auch für den Menschen bestätigt worden. Ich kenne dieselben ebenfalls vom Menschen, möchte aber ihre drüsige Natur nicht ohne Weiteres zugeben, sondern sie vielmehr für mehr zufällige Bildungen, beruhend auf einer nesterartigen Ansammlung von Epithelzellen in einer Bindegewebsmasche der Conjunctiva halten, ähnlich wie solche Bildungen auch vom Zahnfleische als *Glandulae tartaricae*, und auch von der äusseren Haut bekannt sind. Die Möglichkeit derartiger Formationen liegt hier um so mehr vor, als nach Manz (157) in der Nähe des *Limbus corneae* die Bindegewebsschicht der Conjunctiva eine mehr oder weniger regelmässige Faltenbildung zeigen soll, wodurch Fächer erzeugt werden, in denen sich die Epithelzellen anhäufen können. Ich muss übrigens in Bezug auf diese Bindegewebsfalten Henle beistimmen, der sie nicht als regelmässig und beständig anerkennen will.

Wie Kleinschmidt (116) (ohne Citat) angibt, hat zuerst Meissner bei Kälbern und Ochsen in der Nähe des Conjunctivalrandes noch knäuelförmige Drüsenformen entdeckt, welche mit Schweissdrüsen Aehnlichkeit haben. Ich konnte mir keinen Einblick in die erste Originalmittheilung verschaffen, und muss daher auch das Citat schuldig bleiben. Manz (157) und W. Krause (122) haben diese Drüsen bestätigt; Letzterer fand sie zu 6—8 an der Zahl beim Rinde und bei der Ziege. — Sehr verschieden lauten die Angaben über das Epithel der Conjunctiva. Gerlach (68), Loewig (150, 151) und neuerdings Wolfring (255) schreiben dem Palpebraltheile derselben ein Cylinderepithel zu, während C. Krause, Handbuch der Anatomie, Hannover 1842, von einem aus Cylinder- und Pflasterzellen gemischten Epithel spricht, ohne über die genauere Disposition dieser Zellen Etwas anzugeben. Leydig (146), Kölliker (117, 118), v. Hessling (89), Frey (63), Henle (84) und Stieda (228) lassen das Epithel auch der *Conjunctiva palpebrarum* ein Pflasterepithel sein, wobei sie in der Tiefe meist noch eine Schicht länglicher Zellen annehmen. Nur nehmen Henle und Stieda, wie geschildert, in den Falten und Buchten in der Nähe des Fornix (Henle's blinddarmförmige Drüsen) ein reines Cylinderepithel an. Früher hatte Henle (83), Flimmerepithelium auf der Conjunctiva finden wollen, was er jedoch bei späteren Untersuchungen, ebenso wenig wie Götz (Dissert.

de pterygio. Gottingae 1852) und KÖLLIKER (117) bestätigen konnte. Eine ausführliche Beschreibung des Conjunctivalepithels findet sich im Stricker'schen Handbuche der Gewebelehre. Ich muss mich jedoch, was das Epithel der *Conjunctiva palpebrarum* anlangt, welches bei STRICKER als geschichtetes Pflasterepithel erscheint, s. l. c. Fig. 398 c., gegen die dort angegebene Darstellung aussprechen, kann mich dagegen an GERLACH, LOEWIG und WOLFRING anschliessen, wenigstens was die Conjunctiva des Menschen betrifft. STIEDA beschreibt unter den Epithelzellen eine dünne Basalmembran und erwähnt zuerst der von mir im Text genauer geschilderten Becherzellen, die ich ebenfalls für normale Secretionsgebilde erklären muss.

Bei Fischen (Stören) und Ratten hat H. MÜLLER (179) an den epithelialen Bekleidungen des Auges, (bei der Ratte im Conjunctivaepithel) verästigte Pigmentzellen aufgefunden. Bei manchen anderen Thieren führen die tieferen Epithelzellen der Conjunctiva Pigmentkörnchen.

Der grösste Streit ist über das lymphatische Gewebe der Conjunctiva geführt worden, namentlich mit Rücksicht auf die sogenannten trachomatösen Augenentzündungen. Die lymphatische Infiltration des conjunctivalen Gewebes vom Menschen beschrieb zuerst als normales Vorkommniss HENLE (87). Die normale diffuse lymphatische Einlagerung wird gegenwärtig weder beim Menschen noch bei Thieren von Jemandem bestritten. Anders steht es dagegen mit der Frage, ob hier auch ächte lymphatische Follikel, analog den solitären Follikeln und Peyer'schen Haufen des Darmes, vorkommen. Für den Menschen muss ich solche Follikel als normale Bildungen in Abrede stellen; HENLE hat sie daselbst unter dem Namen »Trachomdrüsen« beschrieben. STIEDA (228) sagt, dass er mitunter in der Uebergangsfalte beim Menschen rundliche Lymphkörperchenhaufen durch besondere Bindegewebszüge abgegrenzt, gesehen habe. Auch der neueste Autor, MORANO (166), — leider stand mir nur das bezügliche Referat im Berliner medic. Centralblatte, 1872, No. 46, zu Gebote — scheint beim Menschen wirkliche Follikel anzunehmen. Die histologischen Beschreibungen MORANO'S beziehen sich wesentlich auf Katze, Hund und Rind. Man sieht, seiner Darstellung zu Folge, an den Follikeln zwei Zonen, eine peripherische, aus langen spindelförmigen Zellen bestehend, und eine centrale, aus protoplasmareichen Zellennetzen gebildet, in deren Maschenräumen die Lymphkörperchen lagern. Die spindelförmigen Zellen der Peripherie gehen in das protoplasmatische Netzwerk des Centrums mit Ausläufern über. Die Lymphkörperchen selbst sollen namentlich in der peripheren Follikelzone sehr abweichende Formen annehmen.

Die Lymphfollikel bei Thieren, wo sie mit grosser Regelmässigkeit und, meiner Ansicht nach, als vollkommen normale Bildungen, vorkommen, entdeckte BRUCH (22), womit überhaupt unsere Kenntniss über das lymphatische Gewebe der Conjunctiva begann. Nach ihm ist der Follikelhaufen in der Conjunctiva des unteren Augenlids vom Ochsen als »Bruch'scher Haufen« benannt. Es folgten bald die Arbeiten von STROMEYER (231), HENLE (87), W. KRAUSE (121), KLEINSCHMIDT (116), HUGUENIN (103), FREY und HUGUENIN (64 und 65), BLUMBERG (15, 16), WOLFRING (255) und SCHMID (214), welche letzteren die ausführlichsten sind. Wie bei den Follikeln des Zungenrückens, so stritt man auch hier hauptsächlich darüber, ob die Conjunctivafollikel normale oder pathologische Bildungen seien. Ebenso wie ich haben sich für das normale Vorkommen bei Thieren KLEINSCHMIDT, FREY, HUGUENIN und SCHMID ausgesprochen, während auf gegnerischer Seite neuerdings besonders BLUMBERG und WOLFRING stehen. SCHMID hat mit vollem Recht namentlich auf die entwickelungsgeschichtliche Thatsache hingewiesen, dass bei allen von ihm untersuchten Thieren die Follikel gegen Ende der dritten Woche des extrauterinen Lebens bereits ausgebildet sind. Bisher sind vorzugsweise unsere Hausthiere untersucht worden. Die Follikel finden sich aber auch bei wildlebenden Thieren. —

§ 41. Ein paar Worte über die histologischen Verhältnisse der Augenbrauen mögen hier noch Platz finden. Die Schichtung ihres Gewebes führt von der mit zahlreichen Haaren, Haarbälgen und Schweissdrüsen versehenen Cutis zu einem sehr lockeren Unterhautfettgewebe, dem der bekannte quergestreifte Muskel folgt. Unter diesem finden wir abermals eine Schicht lockeren fetthalti-

gen Bindegewebes, welches bis zum Periost des Stirnbeines reicht. Es mag bemerkt werden, dass die grösseren Brauenhaare im Allgemeinen in einer Richtung eingepflanzt sind, welche die der kleineren Haare unter einem ziemlich spitzen Winkel kreuzt.

Lymphbahnen.

§ 42. Der vielfachen Communicationen wegen, welche die Lymphbahnen der hier besprochenen Abschnitte des Bulbus aufweisen, so wie mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Sache, habe ich ihre Besprechung bis an den Schluss der Darstellung verschoben, um sie hier im Zusammenhange abzuhandeln. Lymphgefässe mit besonderen Wandungen finden sich nur in den Lidern und in der Conjunctiva. Die Lymphbahnen der Lider weichen, soweit sie dem Hauttheile derselben angehören, von dem Verhalten der Lymphgefässe anderer Hautbezirke nicht ab, doch fehlt bis jetzt eine genauere Untersuchung. Nach den gangbaren Angaben sollen dieselben sich zunächst in die *Glandulae submaxillares* und *parotideae* ergiessen. Sappey (l. c.), welcher noch die ausführlichsten Mittheilungen macht, unterscheidet einen inneren und einen äusseren Zug; der innere Zug gehe zu den der *Vena facialis* entlang laufenden Lymphbahnen und mit diesen zu den *Glandulae submaxillares*, der äussere Zug schliesse sich entweder den die *Vena temporalis* begleitenden Gefässen an, oder gehe mit den Wangenlymphgefässen zu den *Glandulae parotideae.*

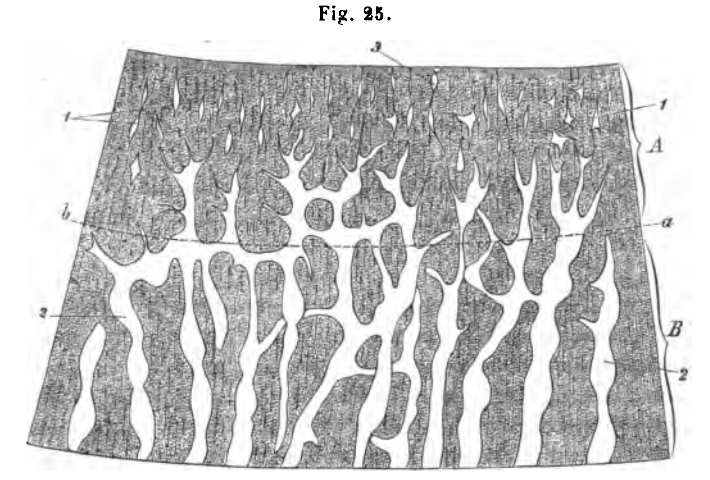
Bezüglich der Lymphwege in den tieferen Theilen der Lider und in der *Conjunctiva palpebrarum* haben wir Mittheilungen von Schmid (214) und Colasanti (39) erhalten. Ersterer injicirte vom *Limbus conjunctivae* aus in der ganzen Conjunctiva, sowohl in der *Conjunctiva bulbi* als auch in der *Conjunctiva palpebrarum*, ein oberflächliches und tiefes Netz von Lymphgefässen. Am *Limbus conjunctivae*, im Fornix und auf den Lidern fand er engere, in der *Conjunctiva sclerae*, namentlich in der oberflächlichen Schicht, weitere Maschen. Am *Limbus conjunctivae* sah er auch spitze Ausläufer von den Lymphbahnen ausgehen. Colasanti spricht in einer kurzen Notiz von einem grossmaschigen Lymphgefässnetze in der Umgebung der Meibom'schen Drüsen.

Die Lymphgefässe der *Conjunctiva bulbi* sind zuerst von Teichmann (234) genauer beschrieben worden. Er unterscheidet die Lymphgefässe der *Conjunctiva corneae* (d. h. die des *Limbus conjunctivae*) und die Lymphgefässe der *Conjunctiva sclerae.* Die ersteren sollen ein zierliches Netz bilden, welches etwa 1 Mm. breit rings auf dem Rande der Cornea verlaufe. Ihr Durchmesser wechsle sehr, und sie seien an den Verbindungsstellen trichterförmig erweitert, wodurch ein an sternförmige Zellen erinnerndes Bild entstehe. Gegen die Cornea hin bilden die Gefässe geschlossene Bogen. Die Lymphcapillaren der *Conjunctiva sclerae* bilden ein Netz von sehr viel stärkeren Stämmen. 4—5 Mm. vom Cornealrande entfernt ziehen sie parallel an dem Cornealrande hin, erreichen die stärksten Dimensionen und gehen in klappenhaltige Stämme über, diese verlaufen zum innern oder äusseren Augenwinkel. Sie liegen unterhalb der feinsten Blutcapillaren. Ihre Verbindung mit dem *Rete lymphaticum corneae* erfolgt entweder direct oder durch ein stärkeres, ringförmig verlaufendes, zwischen

beide Netze gleichsam eingeschobenes Grenzgefäss. Ich kann im Allgemeinen die von Teichmann gegebene Schilderung bestätigen; nur finde ich am Hornhautrande kein geschlossenes Netz, sondern spitze Ausläufer, s. Fig. 25, und habe auch ein Grenzgefäss nicht in der Deutlichkeit ausgeprägt gefunden, welche eine besondere Unterscheidung desselben nothwendig machte. Es handelt sich vielmehr hier um eine Reihe von Queranastomosen, welche ziemlich in gleicher Höhe gelagert sind. Die hier besprochenen Lymphbahnen ziehen sämmtlich zum inneren und äusseren Augenwinkel hin, und fand ich sie am inneren Augenwinkel öfters bei Thieren zu den folliculären Lymphapparaten sich begeben, in welchen ich sie nicht weiter verfolgt habe. Die weiteren Verlaufswege sind noch nicht näher bekannt.

Sklera und Cornea stehen mit diesen conjunctivalen Lymphgefässen durch ihr Saftcanalsystem, wie mich mehrfache erfolgreiche Injectionen gelehrt haben, in directer Verbindung. Bereits v. Recklinghausen (195) und Leber (141) haben durch ihre Einstichsinjectionen in die Cornea die eben beschriebenen Lymphwege der *Conjunctiva bulbi* gefüllt. Bei v. Recklinghausen's Injectionen trat die Masse auch einigemale in die Blutgefässe über. Ich habe bei Anwendung des ätherischen Extractes der Anacardiumnüsse nur die Lymphwege der *Conjunctiva bulbi*, diese aber, namentlich beim Menschenauge, constant und sehr leicht füllen können. Durch den weiteren Verlauf — die Injectionsmasse war bei Rindern unschwer bis zum Bruch'schen Haufen zu treiben — und durch die mikroscopische Untersuchung liess sich sicher constatiren, dass die Masse in Lymphbahnen und nicht in den Blutwegen lag, welche daneben stets ungefüllt gefunden wurden. Ich muss

Fig. 25.



Lymphgefässe der Conjunctiva corneae und sclerae durch Einstichinjection von der Cornea aus gefüllt. (Hartnack, System IV, Zeichnenprisma, Tubus eingeschoben.) *A*) Cornea. *B*) Sklera. *a* — *b*) Ungefähre Grenzlinie zwischen Sklera und Cornea. 1, 1) Saftlücken der Cornea, welche mit der Injectionsmasse gefüllt waren. 2) Lymphgefässe. 3) Saftlücken, welche durch Ausläufer unter sich und mit dem Anfange eines Lymphgefässes zusammenhängen.

demnach die Communication der Saftlücken der Conjunctiva mit den Blutgefässen für eine abnorme erklären. Jedenfalls werden zu Anfang und bei geringem Druck immer nur die Lymphwege gefüllt. Dasselbe gelingt auch von den Saftlücken des-

jenigen Theiles der Sklera aus, der unmittelbar an die Cornea grenzt. Mikroscopisch, s. Fig. 25, liess sich der Zusammenhang zwischen Saftlücken und Lymphbahnen leicht nachweisen. Diese letzteren bilden nämlich nicht, wie die Teichmann'sche Beschreibung annimmt, ein zur Hornhaut hin geschlossenes Schlingennetz, sondern setzen sich in schmale, eine Strecke weit gerade zum Hornhautcentrum verlaufende Stämmchen fort, die dicht unter dem Epithel unter sternförmiger Verzweigung direct in die mit Injectionsmasse gefüllten Saftlücken übergehen.

Die Saftlücken der Cornea communiciren aber auch, wie mir höchst wahrscheinlich ist, mit dem grossen Lymphraume der vorderen Augenkammer und zwar hauptsächlich durch Vermittelung des Schlemm'schen Canales und des cavernösen Balkennetzes im Iriswinkel. Ich verweise hier auf die in § 30 gegebene ausführliche Erörterung. Sonach fliesst die Lymphe der Cornea auf zwei Bahnen ab, einmal durch die Lymphwege der *Conjunctiva bulbi*, das anderemal durch das cavernöse Gewebe des Iriswinkels in die vordere Kammer.

Die Sklera anlangend, so wissen wir durch die Untersuchungen von Schwalbe (217, 218, 219) und neuerdings von Michel (163), Axel Key und G. Retzius (111), dass dieselbe ebensowenig wie die Hornhaut eigene Lymphgefässe mit besonderen Wandungen besitzt, dagegen an ihrer äusseren und inneren Oberfläche von zwei flachen, kugelschalenähnlichen Lymphräumen begrenzt wird, dem vorhin, § 25, bereits genauer beschriebenen Perichoroidealraum und dem Tenon'schen Raume. Der Erstere reicht im Allgemeinen von der Nähe des Opticuseintrittes bis fast zum Cornealfalze. Nach Schwalbe steht sein hinteres Ende beim Schwein noch 4—5 Mm., beim Pferde noch etwas weiter von der *Papilla optica* ab. Am weitesten nach vorn — bis dicht an die vordere Kammer — reicht der Perichoroidealraum beim Kaninchen und beim Menschen. Beim Schwein ist auch die vordere Ausdehnung mehr beschränkt. Zu diesen beiden Lymphräumen gesellen sich noch die vorhin ebenfalls geschilderten Lymphräume der Opticusscheide, der supravaginale und intervaginale Lymphraum und das Saftcanalsystem der Sklera.

Was nun den Lauf der Lymphe in diesen Räumen anlangt, so ist durch die Injection folgendes eruirt worden: Der Perichoroidealraum communicirt mit dem Tenon'schen Raume zunächst durch Lymphlücken, welche scheidenartig und ringförmig die *Vasa vorticosa* umfassen. In der Nähe der Skleraloberfläche ziehen sich diese perivasculären Lymphsinus auf den hinteren Umfang der Vene zusammen. Injectionen in den Perichoroidealraum füllen auf diesem Wege, wie ich Schwalbe bestätigen kann, den Tenon'schen Raum. Bei lange fortgesetzten Injectionen unter hohem Druck füllen sich, wie ich finde, aber auch die Saftcanälchen der Sklera vom Perichoroidealraum aus. Am besten empfiehlt sich dazu eine terpentinige Alkanninlösung, oder der in Terpentin gelöste ätherische Extract der Anacardiumnüsse. Hat der Druck bei der Einstichinjection eine gewisse Höhe erreicht, so sieht man vielfach kleine gefärbte Pünctchen auf der äusseren Oberfläche der Sklera erscheinen, und auf mikroscopischen Durchschnitten stellt sich das ganze Saftlückensystem der Sklera mit der rothen, bez. schwarzbraunen Flüssigkeit gefüllt dar, wie das Michel nach directen Einstichsinjectionen in das Skleralgewebe trefflich beschrieben und abgebildet hat. Solche gut gelungene Einstichsinjectionen in das Skleralgewebe zeigen auch, dass die Saftlücken sich

in beide grossen Lymphbehälter, in den Perichoroidealraum und in den Tenon'schen Raum, öffnen.

Der Perichoroidealraum entleert sich nur durch den Tenon'schen Raum. Es ist mir ebensowenig wie SCHWALBE gelungen, vom Perichoroidealraume aus irgend einen andern Lymphraum des Bulbus zu füllen. Wohl aber kann man vom intervaginalen (subvaginalen) Lymphraume aus den Perichoroidealraum füllen. Die Injectionsmasse geht hier durch die Saftlücken der Sklera zum Perichoroidealraume hin, geht aber nicht auf demselben Wege rückwärts. Vom subvaginalen (intervaginalen) Raume aus kann man fernerhin den supravaginalen und Tenon'schen Raum injiciren. Erstere Verbindung geht ebenfalls auf einem Saftlückenwege, und zwar, wie MICHEL nachgewiesen hat, durch die äussere Opticusscheide. Supravaginaler und Tenon'scher Raum sind ja, wie oben, § 25, bereits dargethan wurde, nur eine grosse Lymphstrasse.

Auf welchem Wege die Lymphe der vorderen Kammer zum Abflusse kommt, ist schwer zu entscheiden. Dass die vordere Kammer durch Injection mit Skleralvenen in Verbindung gesetzt werden kann, ist bereits erwähnt worden. Ob damit aber ein normaler Abflussweg erkannt ist, bleibt sehr zweifelhaft. Mir erscheint es am wahrscheinlichsten, dass das Kammerwasser allmählich durch die Saftlücken der Cornea, der Sklera und des Ciliarmuskels transsudirt, wobei das cavernöse Gewebe des Iriswinkels in erster Linie in Betracht kommt. [1])

Der letzte Abfluss der hier besprochenen Lymphwege findet nach den Schwalbe'schen Untersuchungen durch den supravaginalen Raum zu den Lymphräumen des Hirns statt, und zwar in den sogenannten subduralen Raum. Bis jetzt ist ein anderer Endausweg noch nicht bekannt geworden.

Die neuesten Untersuchungen von AXEL KEY und G. RETZIUS (111), ferner von H. SCHMIDT (216), MICHEL (163) und WOLFRING (256) haben uns noch einen dritten Lymphraum innerhalb der Opticusscheide, neben dem supra- und subvaginalen Raume kennen gelehrt, den ich als perineuralen Lymphraum bezeichnen will. Derselbe liegt zwischen dem inneren Blatte der *Vagina nervi optici* und dem *Nervus opticus* selbst. Nach den Angaben von AXEL KEY und RETZIUS communicirt er nicht mit dem subduralen, sondern mit dem subarachnoidalen Raume der Schädelhöhle. WOLFRING hat gezeigt, dass von diesem Lymphraume aus die innerhalb des *N. opticus*, und namentlich die in der *Lamina cribrosa* mit den Balkennetzen derselben verlaufenden Lymphbahnen gefüllt werden. SCHMIDT und MICHEL konnten diese Lymphbahnen auch vom subvaginalen Raume aus füllen, womit eine Communication des subvaginalen und perineuralen Raumes, in letzter Instanz also aller drei Lymphräume erwiesen wäre, welche am *Nervus opticus* und dessen Scheide vorkommen. Eigene Erfahrungen über diesen Lymphraum besitze ich nicht.

Resumiren wir kurz die Verhältnisse des Lymphabflusses im Auge, so fällt zunächst ins Gewicht, dass hier besonders das Saftcanalsystem und das System grösserer Lymphräume entwickelt ist, während die Lymphableitung durch Lymphgefässe gewöhnlicher Form mehr zurücktritt. Der Bulbus nähert sich also auch

---

[1]) LEBER hält es nach seinen neuesten Untersuchungen (143 a) für wahrscheinlich, dass das Kammerwasser während des Lebens durch die Venen des von ihm sogen. *Circulus venosus* und durch die *venae vorticosae* abgeführt werde. Vgl. die Anm. zu pag. 233 und 185.

in dieser Beziehung dem Gehirn, als dessen unmittelbare Dependenz er auch entwickelungsgeschichtlich, wenigstens im Wirbelthierreiche, auftritt. Wir können mit Schwalbe am besten ein vorderes und ein hinteres Lymphstromgebiet unterscheiden. Das vordere umfasst die Lider, Conjunctiva und Cornea, so wie die angrenzenden Theile der Sklera; es besitzt einfache directe Abflusswege von gewöhnlicher Form für die Lider und die Conjunctiva, deren genauere Verfolgung freilich noch ein Desiderat ist, und einen Lymphraum, die vordere Kammer, welcher in einer sehr merkwürdigen Weise mit den Venen communicirt, übrigens vielleicht auch noch andere Abflusswege — Saftcanälchen der Sklera und Cornea und des Ciliarmuskels — besitzt.

Das hintere Lymphstromgebiet schliesst sich unmittelbar an die Verhältnisse des Hirns an. So weit die hier zu besprechenden Abschnitte des Bulbus in Frage kommen, haben wir es nur mit Saftlücken und Saftcanälchen, sowie mit grossen schalenförmigen Lymphräumen zu thun. Letztere: der Perichoroidealraum, der Tenon'sche Raum, der supra- und subvaginale und der perineurale Raum communiciren direct oder indirect miteinander und münden sämmtlich durch Vermittelung des perineuralen, subvaginalen und supravaginalen Raumes, entweder in den Subarachnoideal- oder in den Subdural-Raum des Gehirns. Von hier aus, also auf einem sehr weiten Umwege, findet erst der Abfluss in Lymphgefässstämme gewöhnlicher Form statt.

Die Kenntniss der Lymphbahnen des Auges ist neuesten Datums. Fr. Arnold (6) gibt die ersten zuverlässigen Nachrichten über Lymphgefässe der Conjunctiva, wie er bereits auch den von Schwalbe jüngst als Perichoroidealraum bezeichneten Lymphraum zwischen Sklera und Cornea für einen serösen Sack erklärt hat. Es folgen dann die Mittheilungen von Sappey, Kölliker (117, 118), His (93, 94), Teichmann (234), Saemisch (209) und Lightbody (147), welche sich sämmtlich auf die Conjunctiva und die Cornea beziehen. Kölliker beschreibt aus dem *Limbus conjunctivae* einer jungen Katze am Hornhautrande neben den Blutgefässen blasse, viel weitere Gefässe, mit gegen die Cornea hingerichteten, theils spitzen, theils kolbig angeschwollenen Enden und Schlingenbildungen, in denen er lymphkörperchenähnliche Zellen mit klarer Flüssigkeit fand. Aehnliche Gebilde hat His später wiedergefunden. Ich möchte diese Gefässe mit Kölliker als Lymphgefässe auffassen, da die von Kölliker gelieferte Beschreibung und Abbildung theilweise sehr gut zu meinen Injectionsresultaten passt. Saemisch sah in der Hornhaut von Mäusen und Ratten eigenthümliche schlauchartige Gebilde, welche mit den Nerven in Verbindung stehen und Netze bilden; die Art der Verbindung konnte nicht immer sicher festgestellt werden. Saemisch war geneigt diese Schläuche als Lymphgefässe zu deuten, spricht sich jedoch nicht bestimmt darüber aus. Die diesen Gebilden von Hoyer gegebene Deutung haben wir oben bei Besprechung der Cornealnerven erwähnt. Lightbody nimmt an den Gefässen des Cornealrandes perivasculäre Lymphscheiden an, die bisher indessen von Niemanden bestätigt wurden. Von der grössten Wichtigkeit, wie für die Lymphbahnen überhaupt, so auch für die der Hornhaut und Conjunctiva insbesondere, waren die Untersuchungen v. Recklinghausen's, welche, wie die Arbeiten Teichmann's, vorhin ausführlich berücksichtigt worden sind. Wichtig ist auch der von v. Recklinghausen geführte Nachweis, auf welchen ich hier im Zusammenhange mit der Besprechung der Lymphbahnen zurückkommen muss, dass die Nervenstämme im Inneren von Canälen liegen, die mit dem Saftcanalsystem communiciren, also auch wohl als Lymphcanäle bezeichnet werden dürfen. Nach einer Bemerkung, p. 68 seines bekannten Werkes, scheint Teichmann ebenfalls die lymphatischen perineuralen Canäle der Hornhaut in Verbindung mit Saftcanälchen und Saftlücken injicirt zu haben, doch gibt er davon keine bestimmte Deutung.

Es folgen die gründlichen Untersuchungen Schwalbe's, welche die Erforschung der Lymphbahnen des gesammten Sehorganes sich zur Aufgabe stellten; von da ab datirt erst un-

sere genauere Kenntniss des so eigenthümlichen und interessanten Lymphapparates in diesem Organe. Die von SCHWALBE gewonnenen Erfahrungen wurden bald bestätigt und erweitert von AXEL KEY und G. RETZIUS, dann von MICHEL, SCHMIDT, MANZ (158) und WOLFRING. Sie sind grösstentheils vorhin bereits näher erörtert, und habe ich in allen wesentlichen Puncten dieselben ebenfalls bestätigen können. Zahlreiche Nachuntersuchungen rief der von SCHWALBE ebenfalls nachgewiesene Zusammenhang der Lymphräume des Gehirns mit denen des Bulbus hervor, namentlich in Folge pathologischer Erfahrungen über den Zusammenhang intacranieller Veränderungen mit Erkrankungen des Bulbus, für welche die Kenntniss dieser Lymphbahnen von besonderer Bedeutung ist. Ich erwähne hier nur die Betrachtungen von SICHEL fils (224), dann die Beobachtungen und Injectionsversuche von SCHMIDT, MANZ, FORLANINI (62) und MICHEL. SCHMIDT konnte von der Schädelhöhle aus (subduraler Raum) nur den subvaginalen Raum und ein von ihm beschriebenes lymphatisches Gefässnetz in der *Lamina cribrosa sclerae* injiciren, fand dagegen keine sicheren Communicationen von diesen Räumen aus mit dem Tenon'schen und Perichoroidealraume und mit intraskleralen Räumen. MANZ und FORLANINI konnten das Schmidt'sche Canalnetz in der *Lamina cribrosa* nicht bestätigen. MICHEL sah dasselbe nach Injection des subvaginalen Raumes beim Menschen nur selten und zwar erst nach Füllung der skleralen Saftlücken auftreten. WOLFRING konnte weder vom Arachnoidealsacke (subduraler oder subarachnoidealer Raum?), noch vom subvaginalen Raume aus das Schmidt'sche Lymphgefässsystem der *Lamina cribrosa* füllen; dagegen gelang ihm dies stets bei Einstichsinjectionen, welche unmittelbar unter die Oberfläche der inneren Nervenscheide geführt wurden. Dabei zeigte sich auch ein regelmässiges lymphatisches Netz im Innern des Opticusstammes. Während aber die Blutgefässe innerhalb der intraneuralen Bindegewebsbündel verlaufen, halten sich die Lymphgefässe an die Oberfläche der Nervenbündel, welche sie netzartig umspinnen.

Untersuchungsmethoden.

Schnittpräparate von den Augenlidern gewinnt man am besten, wenn man die wo möglich in toto ausgeschnittenen Lider mittelst Igelstacheln auf einem kleinen Korkrahmen mässig ausspannt, und sie so in Alkohol absolutus bringt. Es empfiehlt sich auch, die Lider (gespannt) vorher 8 Tage in Müller'sche Flüssigkeit einzulegen, dann dieselbe kurze Zeit in Wasser auszuwaschen und nun in Alkoh. absol. zu härten. Auch die Härtung in Goldchloridkalium (0,5 pc.) ist anzurathen. Letztere Behandlung empfiehlt sich auch für die Lid- und Conjunctiva-Nerven. Am besten jedoch treten letztere hervor, wenn man nach der W. Krause-schen Angabe ganz frische Conjunctiva flach ausbreitet und in *Humor aqueus*, Jodserum oder dilurirter Natronlösung, ohne jeglichen Druck betrachtet. Man muss dabei das subconjunctivale Gewebe so gut als möglich entfernen. Frisch, oder in Kochsalzlösung (10 pc. nach SCHWEIGGER-SEIDEL) muss auch das Conjunctiva-Epithel untersucht werden. LANGERHANS emfiehlt neuerdings die 2 Tage fortgesetzte Maceration in concentrirter Salpetersäure, und die von CZERNY empfohlene Maceration in einer Mischung von Speichel und Müller'scher Flüssigkeit. Beide Flüssigkeiten sollen für die Isolirung der Zellen vorzügliche Dienste leisten. — Die Lidschnitte werden in Carmin oder in Haematoxylin tingirt, und entweder in Glycerin oder in Damarlack nach den gewöhnlichen Methoden eingebettet.

Die Cornea und Sklera erhärtete ich zur Gewinnung guter Schnitte stets in Müller-scher Flüssigkeit. Man muss hierbei dafür sorgen, dass stets ganze Bulbi eingelegt werden, um die normalen Lagerungs- und Spannungsverhältnisse zu erhalten, dass die Bulbi am Boden des Glases liegen, dass die Erhärtungsflüssigkeit in grossem Ueberfluss vorhanden sei und in den ersten 8 Tagen 2- bis 3mal erneuert werde. Die Bulbi werden nach 14 Tagen bis drei Wochen in Wasser ausgewaschen und in absoluten Alkohol gebracht, aus dem dann die Membranen geschnitten werden.

Treffliche Präparate für alle Theile der Hornhaut gewinnt man durch das Goldchloridnatrium und das Goldchloridkalium. Ich folgte hier den allbekannten Methoden von COHNHEIM

und prüfte auch die Modificationen, welche neuerdings von HÉNOCQUE, KLEIN und HOYER dafür angegeben wurden. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Lehrbücher der mikroscopischen Technik, namentlich auf das bekannte Werk FREY's. Von vergoldeten Hornhäuten gewinnt man sowohl treffliche Schnittpräparate als auch Flächenansichten, wenn man die Membranen mit scharfen Staarnadeln in Lamellen zerlegt. Bei allen diesen Methoden kommen gleich die vordere und hintere Grenzmembran mit zu ihrem Recht. Als Tinctionsmittel für die Hornhaut und auch für die Sklera kann besonders das Haematoxylin empfohlen werden.

Als die beste und allein massgebende Untersuchungsmethode der Hornhaut muss die Untersuchung der ganz frischen Membran im *Humor aqueus* desselben Auges, wie sie namentlich durch v. RECKLINGHAUSEN, KÜHNE und ENGELMANN eingeführt worden ist, bezeichnet werden. Ich brachte zu dem Ende die mit recht scharfen Scheeren oder Lanzenmessern ganz oder stückweise ausgeschnittenen Hornhäute mit dem zugehörigen *Humor aqueus* unter ein mit Schutzleistchen versehenes dünnes Deckglas, so dass aller Druck vermieden war, und legte, um der Verdunstung vorzubeugen, einen dünnen Oelrand an. In dieser Weise eingedeckt, halten sich die Hornhäute 24—36 Stunden lang ohne bemerkenswerthe Veränderungen.

Bei der Versilberungsmethode kommt es, wie v. RECKLINGHAUSEN betont hat, darauf an, dass die betreffenden Gebilde ihren natürlichen Spannungszustand und den natürlichen Füllungsgrad ihres Saftcanalsystems im Momente der Silbereinwirkung möglichst bewahren. Man muss deshalb, um gute Präparate zu bekommen, niemals ausgeschnittene Hornhäute, sondern stets die ganzen Bulbi — bei kleinen Thieren, z. B. Fröschen, nach Wegnahme der Lider, die Köpfe in toto — in das Silberbad bringen. Bei der Entfernung des vorderen Epithels sei man vorsichtig. Die schonendste Methode ist die von v. RECKLINGHAUSEN vorgeschlagene mittelst warmer Wasserdämpfe. Hier sorge man nur dafür, dass man im Wasserdampfe nur das Epithel sich leicht trüben lasse und entferne es dann mit einem in *Humor aqueus* befeuchteten Pinsel. So wie die *Substantia propria corneae* selbst die leichteste Trübung zeigt, ist die Versilberung mit gutem Erfolg nicht mehr vorzunehmen. Das übrige Verfahren bei der Silberbehandlung ist aus den erwähnten Handbüchern hinreichend bekannt.

Zu den Einstichsinjectionen der Hornhaut und Sklera verwendete ich eine terpentinige Alkanninlösung und einen ätherischen Extract der Anacardiumnüsse, welche bekanntlich ein tief-braunschwarzes Fett besitzen. Dasselbe gewährt seiner intensiven Farbe wegen einzelne Vortheile; die Präparate lassen sich aber auch nicht gut aufbewahren.

Ich beschränke mich auf diese wenigen Bemerkungeu, indem es hier nicht meine Aufgabe sein kann, eine vollständige Mittheilung der üblichen Untersuchungsmethoden der Hornhaut, Sklera und Lider zu geben, zumal wir in dieser Beziehung treffliche Lehrbücher besitzen. Nur das, was ich selbst besonders erprobt fand und was ich als weniger bekannt ansehen durfte, habe ich angeführt.

Literatur.



1) Albini, Beitrag zur Anatomie der Augenlider. Zeitschr. der Ges. der Aerzte zu Wien. 1857. S. 32.

2) v. Ammon, Zeitschr. f. Ophthalmologie. Bd. II. (Entwickelung der Sklera, Hornhaut etc.

3) v. Ammon, Zur genaueren Kenntniss des N. opticus, namentlich dessen intraocularen Endes. Prager Vierteljahrsschr. 1860. p. 140. (Verbindung der Sklera mit der Sehnervenscheide.)

4) Arlt, Physiologische und pathologisch-anatomische Bemerkungen über die Bindehaut des Auges. Ibid. 1864. Heft 4.

5) Arlt, Die Krankheiten des Auges. Prag 1858. (Histologie des Sehorgans im Ganzen.,

6) Arnold, Fr., Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. 1832. S. 27.

7) Arnold, Fr., Handbuch der Anatomie des Menschen. 1851. Bd. II.
8) Arnold, Jul., Die Bindehaut der Hornhaut und der Greisenbogen. Heidelberg 1860.
9) Arnold, Jul., Die Vorgänge bei der Regeneration epithelialer Gebilde. Virchow's Arch. f. pathol. Anat. Bd. 46. p. 168. (Regener. des Hornhautepithels.)
10) Arnold, Jul., Experimentelle Untersuchungen über die Entwickelung der Blutcapillaren. Ibid. Bd. 53 u. 54. (Entwickelung von Blutgefässen in der Hornhaut.)
10a) Arnold, Jul., Die Endigung der Nerven in der Bindehaut etc., Virchow's Archiv für patholog. Anatomie. Bd. 24. (Nerven der Conjunctiva.)
11) Beale, L. S., Die Structur der einfachen Gewebe des menschl. Körpers. Aus dem Englischen übersetzt von V. Carus. Leipzig 1862. p. 117.
12) Beck, Die Verbindung des Sehnerven mit dem Augen- und Nasenknoten. Freiburg 1847.
13) Bendz, Compte-rendu du Congrès d'ophthalmologie. Paris 1858. (Lymphfollikel der Conjunctiva.)
14) Berres, Mikroscopische Anatomie. 1836.
15) Blumberg, P., Ueber die Augenlider einiger Hausthiere mit besonderer Berücksichtigung des Trachoms. Inaug.-Dissert. Dorpat 1867.
16) Blumberg, P., Ueber das Trachom vom cellularpathologischen Standpuncte. Archiv für Ophthalm. 15. Bd. Abth. I. 1869. p. 129.
17) Bochdalek, Im Bericht über die Naturforscher-Vers. in Prag. 1837. p. 182 und Oestr. med. Jahrbb. Bd. XX. p. 2. (Nerven der Sklera und Cornea.)
18) Bochdalek, Ueber die Nerven der Sclerotica. Prager Vierteljahrsschr. 1849. Bd. 24. p. 119.
19) Boddaert, Zur Histologie der Cornea. Centralbl. f. die med. Wissensch. Berlin 1871. No. 22.
20) Boll, F., Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Gewebe. I. Arch. f. mikrosc. Anat. Bd. 7. p. 275. (Kurze Notiz über das Gewebe des Cornealfalzes.)
21) Bowman, Lectures on the parts concerned in the operations in the eye and on the structure of the retina. London 1849.
22) Bruch, Zeitschrift für wissensch. Zool. Bd. 4. 1853. (Entdeckung der conjunctivalen Lymphfollikel.)
23) Bruch, Ueber Bindegewebe. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. VI. p. 185. (Das sternförmige Netzwerk in der Cornea gehöre einem unentwickelten Gefässsysteme an; kurze Notizen über die Entwickelung der Hornhaut.)
24) Bruch, Die Entwickelung der Gewebe. Abhandlungen der Senckenbergischen Gesellsch. zu Frankfurt a. M. (Entwickelung der Sklera und Cornea.)
25) Brücke, E., Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. Berlin 1847.
26) Brücke, E., Ueber den Musculus Cramptonianus und über den Spannmuskel der Chorioidea. J. Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1846.
27) Chelius, Ueber die durchsichtige Hornhaut des Auges. Karlsruhe 1818.
28) Chelius, M. J., Zur Lehre von den Staphylomen des Auges. Heidelberg 1858. (Enthält histologische Notizen von Fr. Arnold.)
29) Ciaccio, J., On the nerves of the cornea and on their distribution in the corneal tissue of man and animals. Quart. Journ. of microsc. Sc. 1863. July. (Citirt nach Henle's Jahresb. pro 1863.)
30) Clason, E., Om corneas epithel. Upsala läkareförenings förhandlingar. Bd. IV. Heft 5. p. 411.
31) Classen, Ueber die Histologie der Hornhaut. Habilit. Schrift. Rostock 1858.
32) Classen, Ueber Cornea-Entzündungen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 13. Abth. 2. p. 453.
33) Cleland, On the epithelium of the cornea of the ox. Journ. of anat. and physiol. cond. by Humphry and Turner. Vol. II. 1868. p. 361.
34) Clemens, A., Dissert. sistens tunicae corneae et humoris aquei monograph. physiologico-pathologicam. Gottingae 1816. 4⁰.

35) Coccius, Ueber die Ernährungsweise der Hornhaut und die Serum führenden Gefässe des menschlichen Körpers. Leipzig 1852.
36) Coccius, Ueber Glaucom, Entzündung etc. Leipzig 1859. s. a. Prager Vierteljahrsschr. 1859, IV. p. 86.
37) Cohnheim, Jul., Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut der Säugethiere. Vorl. Mitth. Centralbl. f. die med. Wissensch. Berlin 1866. p. 401. No. 26.
38) Cohnheim, Jul., Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut. Virchow's Arch. für pathol. Anat. Bd. 38.
39) Colasanti, G., La terminazione dei nervi nelle glandule sebacee. Richerche fatte nel labor. di anatom. norm. della università di Roma pubbl. dal Fr. Todaro. Roma 1873. p. 89.
40) Condé, de, Mémoire sur l'anatomie de la conjonctive au point de vue de ses altérations pathologiques et de leur traitement. Ann. d'Oculistique. T. XXI. p. 3.
41) Crampton, Ph., In Gilberts Annalen der Physik. 1813. (Crampton'scher Muskel im Vogelauge.) Citirt nach Hüttenbrenner.
42) Donders, Nederlandsch Lancet. August 1851. p. 47.
43) Donders, Holländische Beiträge zur Natur- und Heilkunde, herausgeg. von van Deen, Donders und Moleschott. Bd. I. p. 387. — s. a. Nederlandsch Lancet. 1848. p. 218. (Regeneration der Hornhaut.)
44) Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Arch. für Ophthalmologie. Bd. I. Abth. 2. p. 88. (Vagina nervi optici.)
45) Donders, Die Anomalien der Refraction und Accomodation des Auges. S. 316 ff. (Verbindung der Sklera mit dem N. opticus.)
46) Donders, Onderzoekingen gedaan in het physiologische Laboratorium. Utrecht. Jaar VI. (Binnenmuskeln des Bulbus.)
47) Donders, Untersuchungen über die Entwickelung und den Wechsel der Cilien. Arch. für Ophthalmologie. 1858. Bd. IV. Abth. I. p. 286.
48) Donné, L'Institut. 1837. No. 220.
49) Dornblüth, In Henle's und v. Pfeufers Zeitschr. f. rat. Medicin. N. F. Bd. VII u. VIII. p. 212 bez. p. 156. (Hornhaut.)
50) Dousmani, Recherches anatomiques sur la moitié antérieure du globe de l'oeil. Compt. rend. 14. aôut 1865.
51) Durante, F., Sulla terminazione de' nervi nella cornea. Richerche fatte nel laboratorio di anatomia normale della universita di Roma nell' anno 1872 pubblicate dal Dott. Fr. Todaro. Roma 1873. p. 81.
52) Dwight, Monthly microsc. Journ. July 1869. (Hornhautnerven.)
53) Eberth und Wadsworth, Die Regeneration des Hornhautepithels. Virchow's Archiv für pathol. Anatomie. Bd. 51. p. 361.
54) Eble, B., Ueber den Bau und die Krankheiten der Bindehaut des Auges mit besonderem Bezug auf die contagiöse Augenentzündung. Wien 1828.
55) Engel, In Zeitschrift der Gesellsch. der Aerzte in Wien. 4. Jahrgang. Heft 5. 1847.
56) Engelmann, Th. W., Ueber die Hornhaut des Auges. Leipzig 1867. 8⁰.
57) Erdl, M., Disquisitionum anatomicar. de oculo. I: De membrana sclerotica. Monachi 1839.
58) Feltz, V., Étude expérimentale sur le passage des leucocytes à travers les parois vasculaires et sur l'inflammation de la cornée. Journ. de l'anatomie et de la physiologie. 1870. p. 505. (Notizen über den feineren Bau der Hornhaut.)
59) Flemming, Ueber den Ciliarmuskel der Haussäugethiere. Max Schultze's Archiv für mikrosc. Anatomie. Bd. IV. 1868. p. 361. (Grenzgebiet der Membrana Descemetii und der Cornea.)
60) Flinzer, C. A., De argenti nitrici usu et effectu praesertim in oculorum morbis sanandis. Dissert. inaug. Lipsiae 1854. (Erste Erwähnung der Silberwirkung auf die Cornea nach Coccius.)

61) Fontana, Felix, Traité sur le venin de la vipère. Florence 1781. Deutsch: Berlin 1787. 4°.

62) Forlanini, C., A proposito della memoria del Dott. G. Flarer »sullo sviluppo della neurite ottica da affezione cerebrale osservazione ed esperienze«. Ann. di Ottalmolog. I. 1. 41—56. (Lymphbahnen des Bulbus.)

63) Frey, H., Handbuch der Histologie und Histochemie. 4. Aufl. Leipzig 1873.

64) Frey, H., Ueber die Lympbahnen der Trachomdrüsen. Vierteljahrsschr. der naturf. Gesellschaft in Zürich. Bd. VII. 1861.

65) Frey, H., und Huguenin, Ueber die Trachomdrüsen oder Lymphfollikel der Conjunctiva. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XVI. 1866. p. 215.

66) Führer, Ueber einige Auswege des Blutumlaufes. Arch. für physiol. Heilkunde. 1859. p. 156.

67) Genersich, Zur Lehre von den Saftcanälchen in der Cornea. Medicinische Jahrbücher der Gesellschaft der Aerzte in Wien, herausgeg. von S. Stricker. Wien 1871. p. 1.

68) Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre. Mainz 1848.

69) Golubew, A., Beiträge zur Kenntniss des Baues und der Entwickelungsgeschichte der Capillargefässe des Frosches. Max Schultze's Archiv für mikrosc. Anat. Bd. V. p. 49. (Epithel des untern Lides vom Frosch.)

70) Gouvea, de, Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde von Knapp und Moos. I.

71) Guye, A. G., Over Bekerzellen en in het byzondere over de bekerzellen in de membrana nictitans van den kikvorsch. Nederl. Tijdschr. vor Geneesk. Afdeel. II. 1868. p. 135.

72) Haase, G., Zur Anatomie des menschlichen Auges. Arch. f. Ophthalmologie. Bd. XIV. Abth. I. p. 47. (Lig. pectinatum.)

73) Halbertsma, H. J., Bijdrage tot de Geschiedenis van den Canalis Schlemmii. Verslagen en Mededeelingen der k. Akademie van Wetenschapen. Afdeel. Natuurkunde. XI. 1860. (Geschichtl. Notiz, dass Albinus bereits den Schlemm'schen Canal gekannt habe.)

74) Hansen, A., Untersuchungen über die entzündlichen Veränderungen der Hornhautkörper. Wiener med. Jahrbb., red. von S. Stricker. 1871. p. 210.

75) Harling, T., Ueber die M. orbitalis der Säugethiere und über glatte Muskeln in der Augenhöhle und den Augenlidern des Menschen. Zeitschr. für rationelle Med. 3. Reihe. Bd. 24. p. 275.

76) Harpeck, C., Ueber die Bedeutung der nach Silberimprägnation auftretenden weissen lücken- und spaltähnlichen Figuren in der Cornea. Reicherts und Du Bois-Reymonds Arch. für Anat. und Physiologie. 1864. p. 222.

77) Hartmann, R., Ueber die durch den Gebrauch der Höllensteinlösung künstlich dargestellten Lymphgefässanhänge, Saftcanälchen und epithelähnlichen Bildungen. Ibid. p. 235.

78) Hassall, A. Hill, The microscopic anatomy of the human body.

79) Heiberg, H., Periferien af tunica Descemeti og dens inflydelse pa accomodationen. Nordiskt medicinskt arkiv. 1869. Heft 2.

80) Heiberg, H., Ueber die Neubildung des Hornhaut-Epithels. Wiener med. Jahrbücher, herausgeg. von S. Stricker. 1871.

81) Helfreich, F., Ueber die Nerven der Conjunctiva und Sklera. Würzburg 1870. 8°. 35 S. 3 Tafeln.

82) Helfreich, F., Bemerkungen zu Dr. Morano's Untersuchungen über die Nerven der Conjunctiva. Arch. für Ophthalmol. Bd. 18. Abth. I. p. 356.

83) Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841.

84) Henle, Handbuch der systematischen Anatomie. Bd. II. Eingeweidelehre. Braunschweig 1866.

85) Henle, In Canstatts Jahresbericht für 1852. p. 26.

86) Henle, Bericht über die Fortschritte der Anatomie für das Jahr 1856 und 1862.

87) Henle, Zur Anatomie der geschlossenen lenticulären Drüsen oder Follikel und der Lymphdrüsen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. Bd. VIII.

88) Henke, J., Anatomie der Augenlider und der Thränenwege in Weckers Handbuch: »Traité des maladies des yeux.« 1864. T. I. p. 527.
89) v. Hessling, Th., Grundzüge der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des Menschen.
90) v. Hessling, Th., Illustrirte medic. Zeitung. I. p. 168. (Zur Entwickelung der Hornhaut.)
91) His, W., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Hornhaut. Basel 1856. s. a. Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Bd. IV. p. 90.
92) His, W., Ueber die Einwirkung des salpetersauren Silberoxydes auf die Hornhaut. Schweizerische Zeitschr. für Heilkunde. II. 1863. S. 1.
93) His, W., Ueber das Epithel der Lymphgefässwurzeln und über die v. Recklinghausenschen Saftcanälchen. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 13.
94) His, W., Häute und Höhlen des Körpers. Akad. Programm. Basel 1865.
95) Hoffbauer, H., Dissert. inauguralis de cornea ejusque morbis. Berol. 1820. 8°.
96) Hoffmann, Fr. Albin, Ueber Contractilitätsvorgänge im vorderen Epithel der Froschhornhaut. Dissert. inaugural. Berlin 1868.
97) Hoffmann, Fr. Albin, Epithelneubildung auf der Cornea. Virchows Arch. f. pathol. Anat. Bd. 51.
97a) Hosch, F., Ueber die angebliche Contractilität der Knorpelzellen und Hornhautkörperchen. Pflügers Arch. f. die ges. Physiologie. 1873. Bd. VII. p. 515.
98) Hoyer, H., Ein Beitrag zur Histologie bindegewebiger Gebilde. Reicherts u. Du Bois-Reymonds Archiv für Anatomie und Physiologie. 1865. p. 204.
99) Hoyer, H., Ueber den Austritt von Nervenfasern in das Epithel der Hornhaut. Ibid. 1866. p. 180.
100) Hoyer, H., Ueber die Nerven der Hornhaut. Arch. für mikrosc. Anatomie, herausgeg. von Max Schultze. IX. p. 220.
101) Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat 1839.
102) v. Hüttenbrenner, A., Untersuchungen über die Binnenmuskeln des Auges. Wiener akad. Sitzungsb. Math. natw. Klasse. 1. Abth. Märzheft 1868.
103) Huguenin, Ueber die Trachomdrüsen oder Lymphfollikel der Conjunctiva. Inauguraldissertation. Zürich 1865.
104) Hulke, In Monthly microsc. Journ. Nvbr. 1869. p. 227.
105) Hyrtl, J., Eine Eigenthümlichkeit der Capillargefässe der menschlichen Conjunctivapapillen. Wiener med. Wochenschr. 1860. No. 44.
106) Hyrtl, J., Ein präcorneales Gefässnetz am Menschenauge. Wiener akad. Sitzungsberichte. 60. Bd. 1869. Abth. I. Mathem. naturwissensch. Klasse. p. 769.
107) Jacob, Med. chirurg. Transact. XII. P. 2. (Descemet'sche Haut.)
108) v. Jaeger, E., Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschl. Auge. Wien 1861. (Verbindung der Opticus-Scheide mit der Sklera.)
109) Inzani, G., Recherches sur la terminaison des nerfs dans les muqueuses des sinus frontaux et maxillaires, traduit de l'Italien par L. Jullien. Lyon médical. No. 10. 1872. p. 27.
110) Iwanoff und Rollett, Bemerkungen zur Anatomie der Irisanheftung und des Annulus ciliaris. Arch. für Ophthalmol. Bd. 15. I. 1869. p. 17 ff.
111) Key, Axel, u. Retzius, G., Bidrag till kännedomen on hjärn-och ryggmärgshinnorna, med särskildt afseende på de serösa rummen och lymfbanorna jämte deras förbindelser. Nordiskt med. arkiv. Bd. 2. No. 6. p. 13. (Auszug in Hirschs Jahresbericht f. 1870. — Lymphwege des Auges.)
112) Kieser, De anamorphosi oculi. Gottingae 1804. (Fontana'scher Canal.)
113) Klebs, E., Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. 3. Die vorderen Abschnitte der Augenhäute. Virchows Archiv für pathol. Anatomie. Bd. 19 u. Bd. 21.

114) Klebs, E., Centralblatt für die med. Wissensch. 1864. p. 513.
115) Klein, E., On the peripheral distribution of non medullated nerve fibres. Quarterly Journ. of microscop. Sc. Octob. 1871. p. 405.
116) Kleinschmidt, Ueber die Drüsen der Conjunctiva. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 9. Abth. 3. p. 145. 1863.
117) Kölliker, A., Mikroscopische Anatomie. Bd. II. 2. Hälfte. p. 608.
118) Kölliker, A., Gewebelehre. 5. Aufl. 1867.
119) Kölliker, A., Ueber die Nerven der Hornhaut. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 1848. No. 19.
120) Kölliker, A., Ueber die Nervenendigungen in der Hornhaut. Würzburger naturwissensch. Zeitschr. Bd. VI. 1866.
121) Krause, W., Anatomische Untersuchungen. 1861. (Lymphatisches Gewebe der Conjunctiva.)
122) Krause, W., Ueber die Drüsen der Conjunctiva. Zeitschr. für rat. Medicin. 1854. IV. S. 337.
123) Krause, W., Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860. S. 151. s. a. »Ueber Nervenendigungen«, Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. V. 1859.
124) Krause, W., Ueber die Nervenendigungen in der Conjunctiva Tarsi. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XII. p. 296.
125) Krause, W., Artikel: »Conjunctiva« in Weckers Handbuch der Augenheilkunde.
126) Krause, W., Ueber das vordere Epithel der Cornea. 1) Göttinger Nachrichten vom Jahre 1870. No. 8. 2) Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv. 1870. p. 232.
127) Krause, W., Anatomischer Jahresbericht für 1871 in Prager Vierteljahrsschrift. p. 26. Bd. 116. 1872. (Nerven und plasmatisches Canalsystem der Hornhaut.)
128) Krohn, J. Müllers Arch. 1837. (Binnenmuskeln des Bulbus.)
129) Kühne, W., Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864.
130) Kühne, W., Gazette hébdom. T. IX. No. 15. Paris 1862 u. Compt. rend. 1862. Bd. 54. Séance du 31. mars. (Nerven und Zellen der Cornea.)
131) v. Lang, Ueber das Kreuz, welches gewisse organische Körper im polarisirten Lichte zeigen. Poggendorffs Annalen. Bd. CXXIII. (Polarisationserscheinungen an der Hornhaut.)
132) Langerhans, P., Ueber mehrschichtige Epithelien. Virchow's Arch. für pathol. Anatomie. 58. Bd. 1873.
133) Langhans, T., Das Gewebe der Hornhaut im normalen und pathologischen Zustande. Zeitschr. für rationelle Medicin. 3. Reihe. XII. Bd. p. 22.
134) Langhans, T., Untersuchungen über die Sclerotica der Fische. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XV. p. 243.
135) Laqueur, Ueber die Durchgängigkeit der Hornhaut für Flüssigkeiten. Centralbl. f. die med. Wissensch. Berlin 1872. No. 37.
136) Lauth, E. A., L'Institut, 1834. und Neues Handbuch der praktischen Anatomie. Bd. I. p. 321. Stuttgart und Leipzig 1835. (Schlemm'scher Canal.)
137) Lavdowsky, M., Ueber die Endigung der Nerven in der Hornhaut und über das Verhältniss der saftführenden Canäle derselben zum lymphatischen Systeme überhaupt. Journal für norm. und pathol. Histologie, Pharmakol. und klin. Med., herausg. von Rudnew etc. Bd. II. p. 65. St. Petersburg 1870.
138) Lavdowsky, M., Das Saugadersystem und die Nerven der Cornea. Arch. für mikroscop. Anatomie, herausg. von Max Schultze. VIII. p. 538.
139) Leber, Th., Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschl. Auges. Denkschriften der Wiener Acad. Math. natw. Kl. Bd. 24. 1865. — Dasselbe s. auch im Arch. f. Ophthalmologie. Bd. XI. Abth. 1. p. 1. — Ferner: Sur le système vasculaire de l'oeil humain, Recueil des travaux de la société méd. allemande. Paris 1865. — Ferner: Die Blutgefässe des Auges in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. p. 1049.

140) Leber, Th., Centralbl. f. die med. Wissensch. 1869. p. 872. (Plexus ciliaris.)
141) Leber, Th., Ueber die Lymphwege der Hornhaut. Klinische Monatsblätter für Augenheilk., herausg. von Zehender. 1866.
142) Leber, Th., Zur Kenntniss der Imprägnationsmethoden der Hornhaut und ähnlicher Gewebe. Archiv für Ophthalmologie. Bd. 14. p. 300.
143) Leber, Th., Bemerkungen über den normalen Bau des Sehnerven und seiner Scheiden. Arch. für Ophthalm. Bd. 14. Abth. 2. 1868. p. 169.
142a) Leber, Th., Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Arch. für Ophthalm. XIX. Bd. Abth. 2. 1873. p. 87.
144) Leeuwenhoek, Opera omnia. Lugd. Batav. 1722. T. III. (Hornhaut.)
145) Leydig, F., Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. Bd. V.
146) Leydig, F., Lehrbuch der Histologie. Frankf. a. M. 1857.
147) Lightbody, On the comparative microsc. anatomy of the cornea of vertebrates. The Journ. of anat. and physiol. I. 1866. p. 15.
148) Linhart, Bemerkungen über die Capsula Tenoni. Würzburger Verhandl. Bd. IX. p. 245.
149) Lipmann, H., Ueber die Endigung der Nerven im eigentlichen Gewebe und im hinteren Epithel der Hornhaut des Frosches. Virchows Arch. für pathol. Anat. Bd. 48. p. 218.
150) Löwig, R. A., Quaestiones de oculo physiologicae. Vratislaviae. 1857. 4⁰. 2 Taf. Dissert. inaug.
151) Löwig, R. A., Beiträge zur Morphologie des Auges. Reicherts Studien des physiolog. Institutes in Breslau. Leipzig 1858. 4⁰. p. 118.
151a) Lott, G., Ueber den feineren Bau und die physiologische Regeneration der Epithelien, insbesondere des Corneaepithels. Vorl. Mitth. Centralbl. f. die med. Wissensch. Berlin 1871. No. 37.
151b) Lott, G., Ueber den feineren Bau und die physiologische Regeneration der Epithelien, insbesondere der geschichteten Plattenepithelien. Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. Herausgeg. von A. Rollett. Heft III. 1873.
152) Luschka, Die Nerven der durchsichtigen Augenhaut. Zeitschrift für rationelle Med. 1850. Bd. X. p. 20.
153) Luschka, Anatomie des Menschen. 3. Bd. Abth. 2. Tübingen 1867.
154) Macdonald, J. D., On the minute anatomy of some parts concerned in the functions of accommodation to distance, with physiological notes. Quart. Journ. of micr. Sc. Vol. 39. New Ser. 1870. p. 230.
155) Maier, R., Zur patholog. Anat. der Cornea. Freiburger Berichte. I. 1855. No. 6. p. 81.
156) Mannhardt, J., Bemerkungen über den Accomodationsmuskel und die Accomodation. Arch. f. Ophthalmologie. Bd. IV. Abth. I. p. 269. (Enthält auch Notizen über d. Membr. Descemetii und das Lig. pectinatum.)
157) Manz, W., Ueber neue eigenthümliche Drüsen am Cornealrande und über den Bau des Limbus conjunctivae. Zeitschr. für rat. Med. III. Reihe. V. 1859.
158) Manz, W., Experimentelle Untersuchungen über Erkrankungen des Sehnerven in Folge von intracraniellen Krankheiten. Arch. für Ophthalm. Bd. 16. Abth. I. p. 274. (Lymphwege.)
159) Mauchart, Examen corneae anatomico-physiolog. Tubingae 1743.
160) Mauchle, T., Die Nervenendigungen in der Conjunctiva Bulbi. Arch. für pathol. Anat. Herausg. von R. Virchow. Bd. 41. p. 148. 1867.
161) Mensonides, Onderzoekingen over de glasachtige vliezen in het gezonde en zieke oog. Nederlandsch Lancet. 2 Ser. IV Jaar. Mai 1849. p. 694. (Descemet'sche Haut.)
162) Meyer, G., Ueber die Structurverhältnisse des Annulus ciliaris beim Menschen und Säugethieren. Virchows Arch. f. pathol. Anat. Bd. 84.
163) Michel, J., Beiträge zur Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges. Arch. für Ophthalmologie. Bd. 18. Abth. 1. p. 127.

164) Moll, J. A., Bijdragen tot de anatomie en physiologie der oogleden. Utrecht 1857. s. a. Bemerkungen über den Bau der Augenlider des Menschen. Archiv für Ophthalmol. Bd. III. Abth. 2. p. 258. 1857.

165) Morano, F., Ueber die Nerven der Conjunctiva. Arch. für Ophthalmologie. Bd. XVII. Abth. 2. p. 228.

166) Morano, F., Studio sul Tracoma I. Contribuzione alla istologia de follicoli linfatici congiuntivali. Archivio di Ottalmologia diretto di F. Morano. Napoli 1872. p. 45.

167) Moseley, H. N., Some remarks on the nerves of the cornea of the rabbit and frog. Quart. Journ. of microsc. Sc. July. 1871. No. 44. N. Ser.

168) Müller, C. F., Histologische Untersuchungen über die Cornea. Virchows Arch. für pathol. Anat. Bd. 41. p. 110. 1867.

169) Müller, Joh., Poggendorffs Ann. Bd. 38. p. 513. (Chondringehalt der Cornea.)

170) Müller, Heinr., Unters. über die Glashäute des Auges etc. Arch. f. Ophthalm. Bd. II. Abth. 1. p. 1—65.

171) Müller, Heinr., Ueber den Accomodationsapparat im Auge der Vögel, besonders der Falken. Ibid. III, 1. p. 25. Gesammelte Schriften von Becker. p. 180.

172) Müller, Heinr., Ueber einen ringförmigen Muskel am Ciliarmuskel des Menschen und über den Mechanismus der Accomodation. Ibid. Bd. III. p. 1. Gesammelte Schriften. (Bemerkungen über das Lig. pectinatum.)

173) Müller, Heinr., Einige Bemerkungen über die Binnenmuskeln des Auges. Ibid. Bd. IV. Gesammelte Schriften. p. 194. (Gegen Mannhardt.)

174) Müller, Heinr., Ueber glatte Muskeln und Nervengeflechte im menschl. Auge. Verhandl. der phys.-med. Ges. in Würzburg. Bd. X. p. 172. — Gesammelte Schriften. p. 201. (Scheide der Ciliararterien.)

175) Müller, Heinr., Ueber glatte Muskeln in den Augenlidern des Menschen und der Säugethiere. Ibid. Bd. IX. p. 244. — Gesammelte Schriften. p. 210.

176) Müller, Heinr., Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie. Arch. für Ophthalmol. Bd. IV. Abth. 2. p. 1. 1858. (Lamina cribrosa sclerae.)

177) Müller, Heinr., Ueber Knochenbildungen in der Sklera des Thierauges. Verhdl. der Würzb. physik.-med. Ges. 1858. — Gesammelte Schriften. p. 214.

178) Müller, Heinr., Ueber das Auge des Chamäleon mit vergleichenden Bemerkungen. Würzburger natw. Zeitschr. III. Bd. p. 10. 1862. Ges. Schriften. p. 144.

179) Müller, Heinr., Ueber ramificirte Pigmentzellen im Conjunctivaepithel der Ratte. Sitzb. der Würzb. phys.-med. Ges. 30. April 1859. Ges. Schriften. p. 213.

180) Niemetschek, Ueber die Gefässbildung bei Keratitis. Prager Vierteljahrsschrift. Bd. 3. 1864.

181) Nikolajew, Maksim, Zur Histologie der Hornhaut des menschl. Auges. Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1868. (Citat nach Hoyer.)

182) Nunneley, On the organs of vision. 1858. 8⁰.

183) Pappenheim, Specielle Gewebelehre des Auges. Breslau 1842. 8⁰.

184) Pappenheim, Ueber die Nerven der Hornhaut. v. Ammons Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. II. p. 281. 1839.

185) Pappenheim, Nachträge zu meinen Untersuchungen über die Nerven der Hornhaut. Ibid. Bd. III.

186) Pelechin, Ueber den sogen. Canal von Fontana oder Schlemm. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 13. Abth. II. p. 423. s. auch in russischer Sprache in »Medicinsky Wiestnik«. 1865. No. 20—23. 1866. No. 18.

187) Petermöller, H., Die Nerven der Cornea. Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. Bd. 34. p. 88.

188) v. Pfungen, R., Studien über Entzündung der Froschcornea. Wiener med. Jahrbb. Herausgeg. v. S. Stricker. 1873. 1. (Untersuchungs-Methode.)

189) Pilz, Ueber die Gefässentwickelung in der Hornhaut. Prager Vierteljahrsschr. Jahrg. 5. 1848.

190) Purkyňe, Mikroscopisch-neurologische Beobachtungen. J. Müllers Arch. für Anatomie und Physiol. 1845 (?).
191) Polaillon, Des milieux refringents de l'oeil. Paris 1866.
192) Rahm, Mittheilungen aus der naturf. Gesellschaft in Zürich. No. 50. 1850.
193) v. Recklinghausen, F., Virchows Arch. für patholog. Anat. Bd. 19. (Notiz über Silberimprägnation.)
194) v. Recklinghausen, F., Ueber Eiter- und Bindegewebskörperchen. Ibid. Bd. 28. p. 157.
195) v. Recklinghausen, F., Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862. 8⁰.
196) v. Recklinghausen, F., Das Lymphgefässsystem. Stricker's Handbuch der Gewebelehre. p. 214. 1869.
197) van Reecken, De apparatu oculi accomodationis. Nederl. Lancet. 3. Ser. 1855. I. p. 16.
198) Reichert, Bemerkungen zur vergleichenden Naturforschung im Allgemeinen und vergleichende Beobachtungen über das Bindegewebe und die verwandtén Gebilde. Dorpat 1845.
199) Remak, Ueber die Enden der Nerven im elektrischen Organ der Zitterrochen. J. Müllers Arch. für Anat. etc. 1856. p. 467. (Kurze Notiz in einer Anmerkung gegen His' Angaben über die Hornhaut der Nerven.)
200) Riecke, C. F., De tunica cornea quaedam. Berol. 1829.
201) Ritter, C., Zur histolog. Entwickelungsgesch. des Auges. Arch. f. Ophthalm. Bd. X. Abth. I. p. 61.
202) Ritter, C., Zweiter Beitrag zur Histogenese des Auges. Ibid. Abth. 2. p. 142.
203) Robinski, Die Kittsubstanz auf Reaction des Argentum nitricum Reicherts und Du Bois-Reymonds Arch. f. Anat. etc. 1871. p. 184. s. a. Recherches microsc. sur l'épithelium et sur les vaisseaux lymph. capill. Arch. de Physiol. publiés par Brown-Séquard, Charcot et Vulpian. 1869. — Ferner: Compt. rend. des séanc. de l'Acad. des Sc. 26 Avril 1869.
204) Rollett, A., Ueber das Gefüge der Substantia propr. corneae. Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 33. 1859. p. 516.
205) Rollett, A., Ueber die Contractilität der Hornhautkörperchen und die Hornhauthöhlen. Centralbl. f. d. med. Wissensch. Berlin 1871. No. 18.
206) Rollett, A., Ueber die Hornhaut. Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. p. 1091.
207) Rossi, D., Dell' occhio umano e delle sue parte accessorie. Napoli 1871. 8⁰.
208) Rouget, Ch., Recherches sur l'appareil irido-choroidien et le mécanisme de l'adaption. Journ. de l'anat. et de la physiol. par Brown-Séquard. (Gefässe um den Schlemmschen Canal; citirt nach Leber.)
209) Saemisch, Th., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie des Auges. Leipzig 1862. 8⁰.
210) Sappey, Recherches sur les glandes des paupières. Gaz. méd. de Paris. 1853. No. 33 et 34.
211) Sappey, Recherches sur quelques muscles à fibres lisses, qui sont annexés à l'appareil de la vision. Compt. rend. 1867. 21. Oct. s. a. Traité d'anatomie descriptive. II. ed. 1872. T. III.
212) Schalygen, C., Ueber Hornhautepithel und besonders über Vermehrung der Zellen desselben. Arch. für Ophthalmol. Bd. XII. Abth. 1. p. 83.
213) Schlemm, Rust's Handbuch der Chirurgie. 1832. — Ferner: Encyclopädisches Wörterbuch der med. Wissenschaften. Bd. IV. p. 22. — Ferner: v. Ammons Zeitschr. für Ophthalmologie. Bd. I. (Canalis Schlemmii und Nerven der Cornea.)
214) Schmid, Die Lymphfollikel der Bindehaut des Auges. Wien 1871. 8⁰.

215) Schmid, A., Ueber den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung. Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv für Anatomie etc. p. 711. (Fibrinoplastische Eigenschaften der Hornhautsubstanz und des Kammerwassers.)

216) Schmidt, H., Zur Entstehung der Stauungspapille (Neuritis optica intraocularis) bei Hirnleiden. Arch. für Ophthalm. Bd. 15. 2. p. 193. (Lymphbahnen.)

217) Schwalbe, G., Ueber ein mit Endothel bekleidetes Höhlensystem zwischen Choroidea und Sclerotica. Centralblatt für die med. Wissensch. Berlin 1868. No. 54.

218) Schwalbe, G., Der Arachnoidealraum ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perichoroidealraum. Ibid. 1869. No. 30.

219) Schwalbe, G., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Max Schultzes Archiv für mikroscop. Anatomie. Bd. VI. p. 1 u. p. 261.

220) Schweigger, Ueber den Bau der Hornhaut. Allgemeine med. Centralzeitung. Berlin 1862. No. 4.

221) Schweigger-Seidel, F., Ueber die Vorgänge bei Lösung der miteinander verklebten Augenlider des Fötus. Virchow's Arch. für pathol. Anat. 37. Bd. 1866. p. 228.

222) Schweigger-Seidel, F., Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges. Berichte der mathem. physik. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. der Wissensch. 12. December 1869. 2 Taff. p. 305.

223) Schneider, A., Ueber die Vermehrung der Epithelzellen der Hornhaut. Würzburger natw. Zeitschr. Bd. III. p. 105.

224) Seydeler, C. D., De oculi structura hominis animaliumque mammalium. Diss. inaug. Berolini 1847. 8⁰. 30 S.

225) Sichel (fils) A., La séreuse intraoculaire et la nature du Glaucôme. Ann. d'oculistique. T. 56. (Lymphbahnen.)

226) Stachow, Rust's Magazin 1823. Bd. 15. (Subepitheliale Hornhautschicht.)

227) Stieda, L., Ueber den Haarwechsel. Arch. für Anatomie und Physiol. Herausgeg. von Reichert und Du Bois-Reymond. 1867. Heft IV. p. 517. (Cilien.)

228) Stieda, L., Ueber den Bau der Augenlidbindehaut des Menschen. Max Schultze's Arch. für mikrosc. Anat. Bd. III. p. 357.

229) Stricker, S., und Norris, W., Versuche über Hornhautentzündung. Studien aus dem Institute für experimentelle Pathol. in Wien. Bd. I. 1870. p. 1. (Bemerkungen über den Bau der normalen Hornhaut.)

230) Stricker, S., Handbuch der Lehre von den Geweben. Artikel: Conjunctiva und Sclerotica. p. 1142.

231) Stromeyer, Beiträge zur Lehre von der granulären Augenkrankheit. Deutsche Klinik 1859. No. 25. s. a. Maximen der Kriegsheilkunst. Hannover 1861. (Lymphfollikel der Conjunctiva.)

232) Strube, Der normale Bau der Hornhaut und die pathologischen Abweichungen in demselben. Dissert. inaug. Würzburg 1851.

233) Tamamscheff, J., Ueber die Membrana Demoursiana. Centralbl. f. d. med. Wissensch. Berlin 1869. p. 353. No. 23.

234) Teichmann, L., Das Saugadersystem. Leipzig 1861. 4⁰.

234 a) v. Thanhoffer, L., Beiträge zur Histologie der Hornhaut. Allgem. medic. Centralzeitung. Berlin 1873. No. 46.

235) Todd, R., and Bowman, W., The physiological anatomy and physiology of man. London 1845.

236) Tolotschinow, Ueber die Nervenendigung in der Epithelschicht der Hornhaut vom Menschen. Inauguraldissert. St. Petersburg 1867. — Ferner: Medicynsky Wjestnik. 1867. No. 44. (Citat nach Hoyer.)

237) Toynbee, On the organization and nutrition of non vascular tissues. Philos. Transact. London 1841. P. II. p. 179.

238) Treviranus, G. R., Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. Bremen 1828. kl. Fol.

239) Uechtritz, O., De kali chlorici acidique nitrici in nervos, telam cellulosam, corneam, renes vi observationes micro-chemicae. Diss. inaugur. Gryphiis 1858.

240) Valentin, Repertorium der Physiologie. 1836. Bd. 1. p. 301. (Cornea und Sklera.)

241) Valentin, De functionibus nervorum cerebralium. Bernae 1839. — Ferner: Hirn- und Nervenlehre in v. Sömmerring's Lehrbuch der Anatomie. (Nerven der Cornea.)

242) Valentin, Entwickelungsgeschichte. (Bau der fötalen Hornhaut.)

243) Valentin, Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Lichte. Leipzig 1861. 8⁰.

244) Virchow, R., Die Identität von Knochen-Knorpel und Bindegewebskörperchen, sowie über das Schleimgewebe. Würzburger Verhandl. Bd. II. p. 154 und p. 314. s. auch Würzburger Verhdl. Bd. 4.

245) Waldeyer, W., Xanthelasma palpebrarum. Virchows Arch. für pathol. Anat. 52. Bd. (Bemerkungen über den Bau der Augenlider.)

246) Weber, E. H., Vierte Ausgabe von F. Hildebrandts Handbuch der Anatomie des Menschen. 4. Bd. p. 41 und 1. Bd. p. 243. (Aeltere Literatur.)

247) Weber, E. H., Ueber die Meibom'schen Drüsen. Meckels Arch. 1827.

248) Weber, M. J., Journal für Chirurgie und Augenheilkunde von v. Gräfe und Walther. 1828. Bd. 11. s. auch in dessen Handbuch der Anatomie des menschl. Körpers. Bd. III. Leipzig 1845. (Fontana'scher Canal.)

249) Werneck, v. Ammons Zeitschr. für Ophthalmologie. 1835.

250) Wilckens, M., Ueber die Entwickelung der Hornhaut des Wirbelthierauges. Zeitschr. für rat. Med. III. R. Bd. XI. p. 167.

251) Windsor, T., Note on the terms Sclera and Sclerotica. Ophthalmic review. 1864. July. p. 149. (Nomenclatur.)

252) Winslow, J. B., Exposition anatomique de la structure du corps humain. Nouvelle édit. Amsterdam 1782. T. IV. p. 252. s. a. Mém. de l'Acad. royale des Sciences. 1754. (Porosität der Hornhaut.)

253) Winther, A., Untersuchungen über den Bau der Hornhaut. Giessen 1856. s. a. Virchow's Arch. für pathol. Anat. Bd. X. p. 505.

254) v. Wittich, Bindegewebs-, Fett- und Pigmentzellen. Virchow's Arch. für patholog. Anat. IX. p. 90.

255) Wolfring, Ein Beitrag zur Histologie des Trachoms. Arch. für Ophthalmol. Bd. XIV. Abth. 3. p. 159.

256) Wolfring, Ein Beitrag zur Histologie der Lamina cribrosa Sclerae. Arch. für Ophthalmol. Bd. 18. Abth. II. p. 10.

257) Wolfring, Untersuchungen über die Drüsen der Bindehaut des Auges. Centralbl. für die med. Wissensch. Berlin 1872. No. 54.

258) Zinn, J. G., Descriptio anatomica oculi humani. Editio altera cur. H. A. Wrisberg. Gottingae 1780. 4⁰.

Zusatz: Nach später ermöglichter Einsicht der Originalabhandlungen von Henle (87), Manz (157) und W. Krause (123) ist zu p. 246 u. 247 zu bemerken, dass die betreffende Notiz über die Entdeckung der Knäueldrüsen in der Conjunctiva durch Meissner sich bei Manz findet, und dass wahrscheinlich Bendz (18), dessen Mittheilung ich mir noch nicht verschaffen konnte, die ersten Angaben über das lymphatische Gewebe der Conjunctiva des Menschen gibt. Henle's Beschreibung (87) bezieht sich wesentlich auf die Conjunctiva von Hausthieren; erst später (84, p. 702 u. 703) spricht Henle von der diffusen lymphatischen Infiltration sowie auch von (unbeständigen) Follikeln beim Menschen. Unbeständige conjunctivale Lymphfollikel beim Menschen erwähnt auch bereits W. Krause (123) p. 114, Anm.

Capitel III.

Mikroscopische Anatomie

des

Uvealtractus und der Linse

von

A. Iwanoff in Kiew und **J. Arnold.**

I. Der Uvealtractus.

Bearbeitet von A. Iwanoff.

Die *Tunica vasculosa* oder *Tunica uvea* bildet die innere Auskleidung der Sclerotica, indem sie sich zwischen letztere und die Retina einschiebt. In der Entfernung von 1 Mm. vom Cornealrande biegt sie steil nach der Augenaxe um, lagert sich auf die vordere Fläche der Linse und bildet mit diesem senkrecht umgeschlagenen Theile die hintere Wand der vorderen Augenkammer.

Der rückwärtige Theil der *T. vasculosa*, welcher die Sclerotica auskleidet, wird Gefässhaut Choroidea genannt; ihren vorderen Theil, schon im Auge während des Lebens hinter der durchsichtigen Hornhaut sichtbar, und in der Mitte mit einer Oeffnung, der Pupille, versehen, nennt man die Regenbogenhaut, Blendung, Iris.

Diese beiden Häute tragen die gemeinsame Benennung *Tunica vasculosa* aus dem Grunde, weil beide einen grossen Gefässreichthum aufzuweisen haben, und weil die Gefässe beider in einem innigen Zusammenhange unter einander stehen. Die zweite gemeinsame Benennung für Choroidea und Iris »*Tunica uvea*« gab man ihnen wegen einer entfernten Aehnlichkeit mit der Hülse einer dunklen Weinbeere, an der das Loch für den Stengel der Pupille entsprechen soll (Brücke [1])). Jetzt belegen übrigens viele Anatomen mit dem Namen Uvea im Besonderen die Pigmentschicht, welche die hintere Fläche der Regenbogenhaut austapezirt.

§ 1. Die Choroidea stellt eine dünne (0,08—0,16 Mm. im Durchmesser), gefässreiche Hülle vor, welche an zwei Stellen mit der Sclerotica fester zusammenhängt: hinten, an der Eintrittsstelle des Opticus, wo ihre inneren Schichten in einen Ring übergehen, der die durchtretende Sehnervenmasse umfasst, und

---

[1]) Anatom. Beschreibung des menschlichen Augapfels 1847, S. 2.

von welchem dünne Fäden in den Nerven selbst eintreten (H. MÜLLER[1])), und vorne an der Uebergangsstelle der Sclerotica in die Hornhaut (ringförmige Sehne des Ciliarmuskels). Ueberdies werden diese zwei Häute unter einander noch durch Arterien und Nerven, welche die Sclerotica durchbohren, um in die Choroidea einzutreten, und durch Venen, die den umgekehrten Weg einschlagen, verknüpft.

Die äussere, der Sclerotica zugewendete Oberfläche ist braun gefärbt und faserig; nach vorne, an der Befestigungsstelle zwischen Choroidea und Sclerotica, bemerkt man an ihr eine ringförmige graue Verdickung in der Breite von 3—4 Mm., welche den vorderen Theil der Gefässhaut umkreist — den Ciliarmuskel.

Die innere Oberfläche der Choroidea ist der Retina zugekehrt und bis zur *Ora serrata* mit ihr sehr lose verbunden, in jedem Falle jedoch so, dass die ganze äussere Schicht der Netzhaut (nämlich die pigmentirte Epithelialschicht) in der Mehrzahl der Fälle an ihr hängen bleibt, was die Veranlassung war, dass man diese Schicht bisher als der Gefässhaut zugehörig betrachtete. Von der *Ora serrata* angefangen, verbinden sich diese Häute noch inniger, indem von hier aus die Pigmentschicht als Verbindungsmittel zwischen dem Ciliartheil der Retina und der Choroidea bedeutend zunimmt, weshalb auch an dieser Stelle die Ablösung der Netzhaut von der Choroidea nicht immer, und das nur theilweise gelingt. Entfernt man das Pigment, so erscheint die innere Oberfläche der Choroidea bis zur *Ora serrata* vollkommen glatt, von grauer Farbe; hinter der *Ora serrata* wird ihre Oberfläche rauh, vorn erscheint auf ihr eine Reihe in meridionaler Richtung geordneter, durch tiefe Zwischenräume abgesonderter Erhabenheiten — die sogenannten Ciliarfortsätze, *Processus ciliares*.

Die Ciliarfortsätze, 70—80 an der Zahl, haben das Aussehen einer regelmässig gefalteten Krause, und indem sie sich allmählich nach vorn erheben, reichen sie mit ihren Zacken bis zum Ciliarrande der Iris. Ihre gesammte innere Oberfläche, alle auf ihr befindlichen Falten, bis zu ihrer vorderen Grenze, sind mit einer dicken Lage Pigment und mit Zellen des Ciliartheiles der Retina (*Pars ciliaris retinae*) bedeckt.

Der vordere Theil der Choroidea, angefangen von der *Ora serrata*, in Gemeinschaft mit den Ciliarfortsätzen und dem Ciliarmuskel wird *Corpus ciliare* genannt.

Der vordere Theil der Choroidea hat schon lange seine besondere Benennung. So nennt ihn VESAL *Tunica ciliaris*, später unterschieden die Anatomen an dieser *T. ciliaris* noch eine *Pars plicata* und *Non plicata*. FALOPIUS war der Erste, welcher diesen Theil der Choroidea *Corpus ciliare* genannt hat. HENLE nennt nur den vordersten Theil der Choroidea *Corpus ciliare* einschliesslich die Ciliarfortsätze und den Ciliarmuskel; die zwischen *Ora serrata* und *Corpus ciliare* gelegene Zone nennt er *Orbiculus ciliaris*, ohne damit zu behaupten, dass zwischen dem *Corpus ciliare* und dem *Orbiculus ciliaris* eine bestimmte Grenze zu ziehen sei. LUSCHKA beschreibt unter dem Namen *Corona ciliaris* jenen Theil der Gefässhaut, welcher mit der *Zonula Zinnii* verbunden ist und sich von der *Ora serrata* bis über den Rand der Linse hinaus erstreckt; den Ciliarmuskel nennt er *Annulus ciliaris*. Wir glauben, dass es im Interesse des leichteren Verständnisses der Terminologie von Nutzen wäre, schliesslich bei irgend einer

---

[1]) Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie. Arch. f. Ophth. Bd. II, Abth. 2, S. 24.

Benennung Halt zu machen, selbst wenn darin auch nicht alle anatomischen Besonderheiten dieses Theiles der Choroidea Ausdruck finden sollten. Wir wählten die Benennung *Corpus ciliare* nicht deshalb, weil wir sie etwa für die beste hielten, sondern deshalb, weil sie am meisten Verbreitung gefunden; in diesem Sinne braucht auch Kölliker in seinem Handbuche die Benennung *Corpus ciliare*, ebenso wie H. Müller in allen seinen Abhandlungen über das Auge.

Den Hauptbestandtheil der Choroidea bilden die Gefässe; aus diesem Grunde hat man ihr schon von Alters her einen grossen Einfluss auf die Ernährung des Auges zugeschrieben. Dieser Gefässreichthum bedingt auch ohne Zweifel den äusserst wichtigen Antheil, den sie an den verschiedenen intraocularen pathologischen Processen nimmt.

Einen anderen, für die Functionen des Auges wichtigen Bestandtheil dieser Haut bilden die glatten Muskeln, von denen der grösste Theil im *Corpus ciliare* eingelagert ist, die jedoch auch der hinteren Abtheilung der Choroidea nicht fehlen.

Schliesslich ist die Gefässhaut auch reichlich mit Nerven versehen.

Alle diese Bestandtheile sind unter einander durch ein Stroma verbunden, welches sich in der Choroidea durch eine grosse Anzahl sternförmiger Pigmentzellen scharf characterisirt.

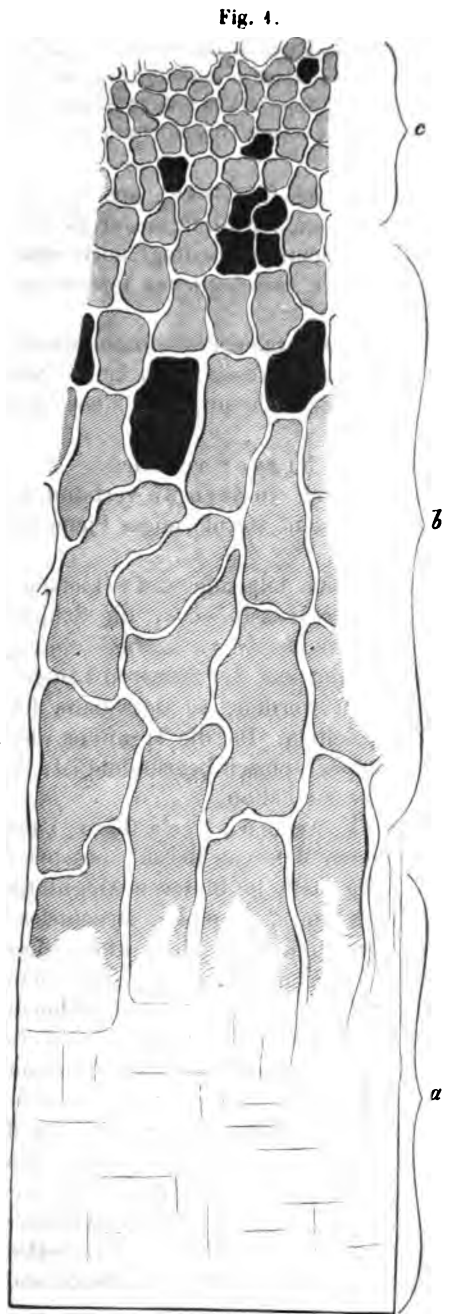
An der Choroidea unterscheidet man gewöhnlich folgende fünf Schichten: die Pigmentschicht, die Glashaut, die *Membrana choriocapillaris*, die Schicht der gröberen Arterien und Venen und schliesslich die *Membrana suprachoroidea*. Die Pigmentschicht muss in Folge ihrer Entwickelung aus der äusseren Lamelle der secundären Augenblase zur Netzhaut beigezählt werden, so dass dann für die Gefässhaut eigentlich nur 4 Schichten übrig bleiben. Da die Trennung der Choroidea in die 4 Schichten keine histologisch-topographisch begründete ist, so werden wir bei unserer Beschreibung uns nicht an sie halten.

1. Glashaut, Glaslamelle, *Lamina vitrea* (F. Arnold [1])), elastische Lage (Kölliker [2])), Basalmembran (Henle [3])) ist zum ersten Male von Bruch [4]) beschrieben und *Membrana pigmenti* benannt worden. Sie stellt im hinteren Abschnitte der Choroidea eine sehr dünne (0,0006 — 0,0008 Mm.), scheinbar structurlose oder leicht faserige (Kölliker) Hülle dar, welche ohne Anwendung künstlicher Mittel untrennbar mit dem Stroma der Choroidea verbunden bleibt. Ihre dem pigmentirten Epithel zugewendete Oberfläche ist bis zur *Ora serrata* vollkommen glatt. Die Einwirkung von Kali und Schwefelsäure lässt an ihr Falten zum Vorschein treten, weil die gleichzeitige Wirkung dieser Reagentien auf die Glashaut und die mit ihr verbundenen, äusseren Schichten der Choroidea eine verschiedene ist. Da nun bei länger andauernder Wirkung dieser Reagentien ein Theil des der Glashaut anhängenden Stromas langsam zu Grunde geht, so löst sie sich nach der Behandlung mit concentrirten Alkalien und Säuren manchmal in einzelnen Fetzen ab. Legt man die Choroidea auf längere Zeit in eine 10 pc. Kochsalzlösung, so tritt die faserige Structur der Glashaut merklich hervor, aber selbst nach dieser Behandlung gewahrt man keine Kerne darin. Die von Bruch und

---

1) Anatomie II. S. 1020.
2) Handbuch der Gewebelehre 1867. S. 661.
3) Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen 1866. II. Bd. S. 620.
4) Körniges Pigment 1844.

Fig. 1.



Glashaut des Ciliarkörpers. *a)* Der Ora serrata zunächst anliegende Theil, *b)* grobmaschige Zone, *c)* vorderer Theil, mit rundlich polygonalen Maschen.

HENLE in der Glashaut beschriebenen Kerne gehören unzweifelhaft den Capillaren zu.

In dem vorderen Theile der Choroidea, im *Corpus ciliare*, verändert die Glashaut ihre Eigenschaften in hohem Grade. Sie ist hier blässer, dicker und verhält sich weniger indifferent gegen die Einwirkungen der Alkalien und Säuren. Sie verliert hier ihre Glätte, auf ihrer inneren Oberfläche erscheinen mikroscopische Vertiefungen und Erhabenheiten, welche das sogenannte Reticulum des Ciliarkörpers bilden (H. MÜLLER [1])). Dieses Reticulum wird aus kleinen unter einander anastomosirenden Erhabenheiten gebildet, welche netzförmig die Vertiefungen, in welchen Pigment eingelagert ist, einschliessen. Die Maschen dieses Reticulums sind desto kleiner, je weiter sie von der *Ora serrata* entfernt liegen. Die netzförmige Structur der Glashaut kann bis zur Iris verfolgt werden.

Die gesammte Glashaut des *Corpus ciliare* lässt sich in drei Zonen theilen (H. MÜLLER); der der *Ora serrata* am nächsten liegende Abschnitt erscheint glatt, — indem man an demselben nur Andeutungen oberflächlicher Falten, welche theilweise meridional und theilweise äquatorial verlaufen, wahrnehmen kann (*a* Fig. 1). Die mittlere Zone der Glashaut besteht aus einem Netzwerke, dessen Maschen grösstentheils in meridionaler Richtung verlängert sind (*b*). Der kürzere Durchmesser verhält sich zum längeren wie eins zu zwei, mitunter selbst — zu zehn. Die Länge der Maschen beträgt 0,06—0,5 Mm. — Die vorderste Zone besteht aus sehr kleinen Maschen rundlich-polygonaler Form, deren Durchmesser 0,008—0,012 Mm. beträgt. —

[1]) Arch. f. Ophth. Bd. II, 2. Anatomische Beiträge zur Ophthalmologie.

Trennt man Sklera und Choroidea von einander, so bleibt sowohl auf ersterer als auf letzterer ein pigmentirter, faseriger Ueberzug. Die auf der Sklera liegenbleibende faserige Membran heisst *Lamina fusca*, diejenige, welche sich zugleich mit der Choroidea ablöst, — *Lamina suprachoroidea*. Beide überziehen sie Sklera und Choroidea (von der Ansatzstelle des Ciliarmuskels an bis dicht an den Opticuseintritt. — Die *Lamina fusca* ist ziemlich fest mit der Sklera verbunden; unter Wasser lässt sie sich blos in einzelnen Stücken von letzterer ablösen, wobei die zum Skleralstroma verlaufenden Verbindungsfasern durchrissen werden; viel laxer ist die Verbindung zwischen *Lam. suprachoroidea* und Choroidea, da an solchen Augen, die in Müller'scher Flüssigkeit genügend erhärtet sind, diese beiden Membranen sich in Wasser ohne Weiteres und vollständig, wenigstens im vorderen Choroidealabschnitt, von einander trennen. An Structur sind Fusca und Suprachoroidea einander vollkommen gleich: beide bestehen aus einem feinen, dichtverflochtenen Netzwerke feinster elastischer Fasern; diese letzteren sind sämmtlich der Sklera parallel angeordnet und sind unter einander durch eine structurlose Substanz verbunden, deren Gegenwart sich namentlich an inmitten der Masse befindlichen Lücken bemerkbar macht.

Ausser diesen, ihr Stroma bildenden Fasern enthalten beide Membranen auch noch Zellen. Sämmtliche Zellen der *Ll. suprachoroidea et fusca* lassen sich in zwei grosse Gruppen scheiden — in pigmenthaltige und in pigmentlose; erstere bilden die weit überwiegende Mehrheit. Die Gestalt dieser pigmenthaltigen Zellen ist äusserst mannichfaltig: die Einen sind vollständig platt, unregelmässig sternförmig, mit kurzen breiten Ausläufern; sämmtlich sind sie in einer, der Sklera parallelen Ebene abgeplattet, mehr weniger dicht mit Pigment angefüllt, und nur der das Niveau der Zelle überragende, dicke runde Kern bleibt farblos; — die andern sind auch sternförmig, haben jedoch lange und feine Ausläufer und keinen abgeplatteten Körper; endlich die dritten von den hier vorkommenden Zellen sind rund; ihr ganzes Protoplasma ist mit Pigmentkörnchen stark angefüllt, so dass häufig selbst der Kern unsichtbar wird.

Ausser den pigmenthaltigen Zellen findet man in der *L. suprachoroidea*, wie gesagt, auch noch viele pigmentlose: es sind dieses entweder freie ovale Kerne oder runde, den weissen Blutkörperchen ähnliche Zellen mit einem, zuweilen zwei Kernen. Die dem Anscheine nach frei in der Suprachoroidea und Fusca liegenden ovalen Kerne erweisen sich bei der Behandlung mit salpetersaurem Silber als den Endothelzellen angehörig (Schwalbe).

In der hintern Hälfte des Ciliarkörpers befinden sich unter der *L. suprachoroidea* noch mehrere feine Lamellen. Dieselben beginnen vom hinteren Ende des Ciliarmuskels, verlaufen bis zur *Ora serrata* und gestalten sich weiter, nachdem sie immer häufiger und häufiger mit den benachbarten Lamellen und mit der *Lamina suprachoroidea* anastomosirt haben, im hinteren Choroidealabschnitte zu einer gemeinschaftlichen Membran — der *Lamina suprachoroidea autorum*. Jede dieser Lamellen besteht aus einem ganz ebensolchen Fasernetze und aus ebensolchen Zellen wie die *Lamina suprachoroidea*. —

Die weitere Fortsetzung ebenderselben Fasern, aus denen diese Lamellen der *Ll. suprachoroidea et fusca* bestehen, bildet das Stroma der Choroidea selbst. Hierselbst verlieren diese Fasern ihre der Sklera parallele Anordnung und werden ausserdem, jemehr sie sich der Glashaut der Choroidea nähern,

immer feiner und feiner. In der Choriocapillarschicht sind sämmtliche Lücken zwischen den Gefässen mit einem äusserst feinen Netzwerk ausgefüllt, dessen man überhaupt nur bei sehr bedeutender Vergrösserung ansichtig werden kann. Ebenso wie in der *L. suprachoroidea* trifft man auch hier auf zwei Arten von Zellen — pigmenthaltige und pigmentlose. Die pigmenthaltigen Zellen kommen überhaupt nur zwischen den Arterien und Venen vor, wogegen man dieselben in der Choriocapillarschicht nicht findet. Es sind dieses ganz ebensolche Zellen, wie wir dieselben bereits in der *L. suprachoroidea* beschrieben haben. Die pigmentlosen Zellen sind in sämmtlichen Schichten der Choroidea enthalten, — vorwiegend jedoch in der Choriocapillaris; — es sind dieselben den weissen Blut- oder den Lymphkörperchen ähnlich und verändern, ebenso wie die Wanderzellen der Cornea nicht allein ihre Gestalt, sondern auch ihren Ort. —

Ausser den schon erwähnten Fasern, welche durch die Mehrzahl der Forscher dem elastischen Gewebe zugerechnet werden (H. Müller, Kölliker, Henle), findet man in dem Choroidealstroma auch noch Bindegewebsfasern.

Diese Bindegewebsfasern füllen im vorderen Choroidealabschnitt sowohl sämmtliche Lücken zwischen den einzelnen Muskelbündeln als auch den Raum zwischen dem Ciliarmuskel und der Glashaut des Ciliarkörpers aus, mit welch letzterer sie eng verwachsen sind. Dagegen beobachtet man im hinteren Choroidealabschnitt das Bindegewebe nur längs den Gefässen (H. Müller, Kölliker).

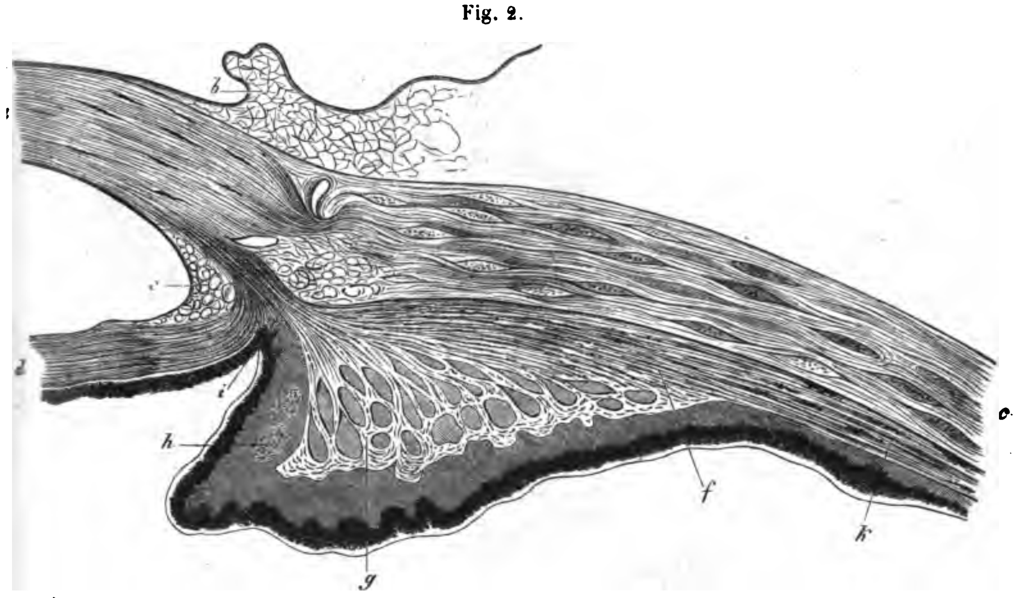
Einen für die Physiologie des Gesichts sehr wichtigen Bestandtheil der Choroidea bilden die glatten Muskelfasern; es finden sich dieselben in den verschiedenen Theilen dieser Membran in sehr ungleicher Menge vor. Ihre Hauptmasse ist in der vorderen Hälfte der Choroidea enthalten, — in dem Ciliarkörper — es ist dieses der sogenannte Ciliarmuskel, dessen physiologische Bedeutung sich aus seiner sehr wesentlichen Theilnahme am Accomodationsacte von selbst ergibt. — Der übrige Theil der glatten Muskelfasern verläuft im hinteren Choroidealabschnitte, und zwar hauptsächlich in Gestalt von die Gefässe begleitenden einzelnen Bündeln. Beim Menschen sind sie überhaupt nur schwach entwickelt und bedeutenden individuellen Schwankungen unterworfen. Ihre physiologische Bedeutung ist uns einstweilen noch nicht vollkommen klar.

Der Ciliarmuskel umfasst die Ciliarfortsätze in Gestalt eines prismatischen Ringes, dessen Basis nach vorne und dessen scharfe Kante nach hinten gerichtet ist; — auf die Art bildet er den vorderen und äusseren Theil des Ciliarkörpers, während er von der Sklera nur durch eine ganz dünne Schicht der *Ll. suprachoroidea et fusca* geschieden ist; seine ganze innere sowohl wie ein Theil seiner vorderen Seite ist von den Ciliarfortsätzen besetzt, der übrige Theil der vorderen Fläche ist zum Theil gegen den Ciliarrand der Iris, zum Theil gegen den Fontana'schen Raum gewendet, durch welchen der Ciliarmuskel von der vorderen Kammer getrennt wird. Im Meridionaldurchschnitt stellt der Ciliarmuskel ein rechtwinkeliges Dreieck vor, dessen kürzeste, nach vorne gerichtete Seite mit der nach aussen gerichteten, den rechten Winkel bildet. Die Dicke des Muskels beträgt 0,8 Mm.; seine Länge 3 — 4 Mm.

Die Muskelbündel des Ciliarkörpers sind in drei verschiedenen Richtungen angeordnet. Der äusserste und dabei grösste Theil besteht aus meridional verlaufenden Muskelfasern; im mittleren Theile divergiren die Fasern strahlenför-

mig; im vorderen inneren Winkel des Muskels endlich findet man circulär geordnete Fasern.

Fig. 2.



Musculus ciliaris. *a*) Hornhaut. *b*) Limbus corneae. *c*) Sklera. *d*) Iris. *e*) Fontana'scher Raum. *f*) Meridionaler Theil des Ciliarmuskels. *g*) Radialer Theil desselben. *h*) Müller'scher Ringmuskel. *i*) Vordere Sehne des Ciliarmuskels. *k*) Hintere Sehne des meridionalen Theils des Ciliarmuskels.

Der meridionale Theil des Muskels besteht aus einer ganzen Reihe mit der Sklera und mit einander parallel verlaufender Lamellen. Es ist dieses der grösste Theil des gesammten Muskels; seine Dicke ist verschieden und schwankt von 0,3—0,6 Mm.

Jede Lamelle dieses Meridionaltheils des Muskels ist aus parallelen platten Bündeln zusammengesetzt, welche nur hier und da seitliche Fortsätze von sich geben, vermittelst derer die benachbarten Bündel anastomosiren. Solch eine regelmässige Anordnung behalten die Lamellarbündel auf eine Strecke von $2\frac{1}{2}$ Mm. vom Ursprung des Muskels bei; weiter nach hinten divergiren sie und verändern ihre meridionale Richtung in eine äquatoriale, wodurch sie am hinteren Ende des Muskels ein breites (0,3—0,6) Geflecht bilden, in welchen die Muskelschleifen durch seitliche Ausläufer vielfach sich unter einander verflechten.

Durch dieses Geflecht endet der Meridionaltheil des Muskels jedoch noch nicht. Es treten nämlich aus diesem Geflechte in die Choroidea, und das eigentlich in die oberflächlichste Schicht derselben, zahlreiche, sehr feine Muskelbündel über, welche denn auch hier entweder als ein besonderes Bündel enden, dessen Muskelfasern später in die Fasern des Choroidealstromas übergehen, — oder aber es verbinden sich diese Bündel durch ihre mehr weniger langen Ausläufer mit besonderen musculösen sternförmigen Verdickungen, welche in verschiedener Tiefe eine ungleiche Grösse und Dicke besitzen. An den, aus den tiefern,

d. h. der Gefässschicht der Choroidea zunächst gelegenen Lagen der Suprachoroidea, gewonnenen Präparaten sind diese Muskelknoten dick und in meridionaler Richtung etwas verlängert; an denjenigen Präparaten jedoch, welche der

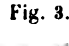
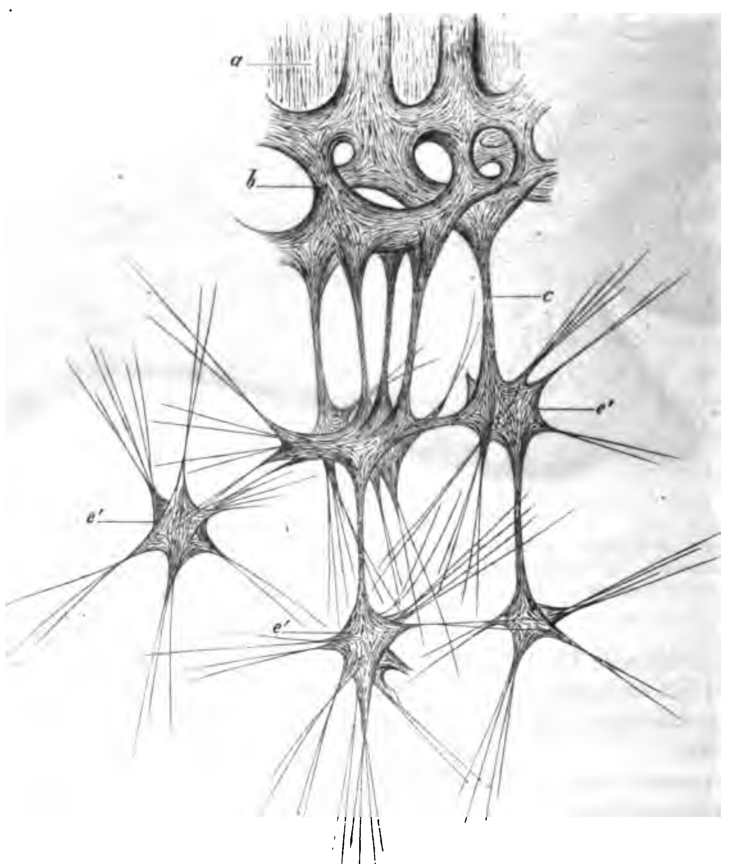


Fig. 3.



Eine von den Lamellen, in welchen das hintere Ende des meridionalen Theiles des Ciliarmuskels endigt, isolirt dargestellt. *a*) Longitudinale Muskelbündel, aus denen sich die Lamelle bildet. *b*) Hinteres Muskelgeflecht, in welchem der grössere Antheil des meridionalen Theiles und der gesammte radiale Theil des Ciliarmuskels endigt. *c*) Musculöse Fortsätze, welche aus dem hintern Muskelgeflechte nur dem meridionalen Theile des Ciliarmuskels angehörend, heraustreten. *d*) Sternförmige Anschwellungen an den Stellen, wo sich die musculösen Fortsätze durchkreuzen.

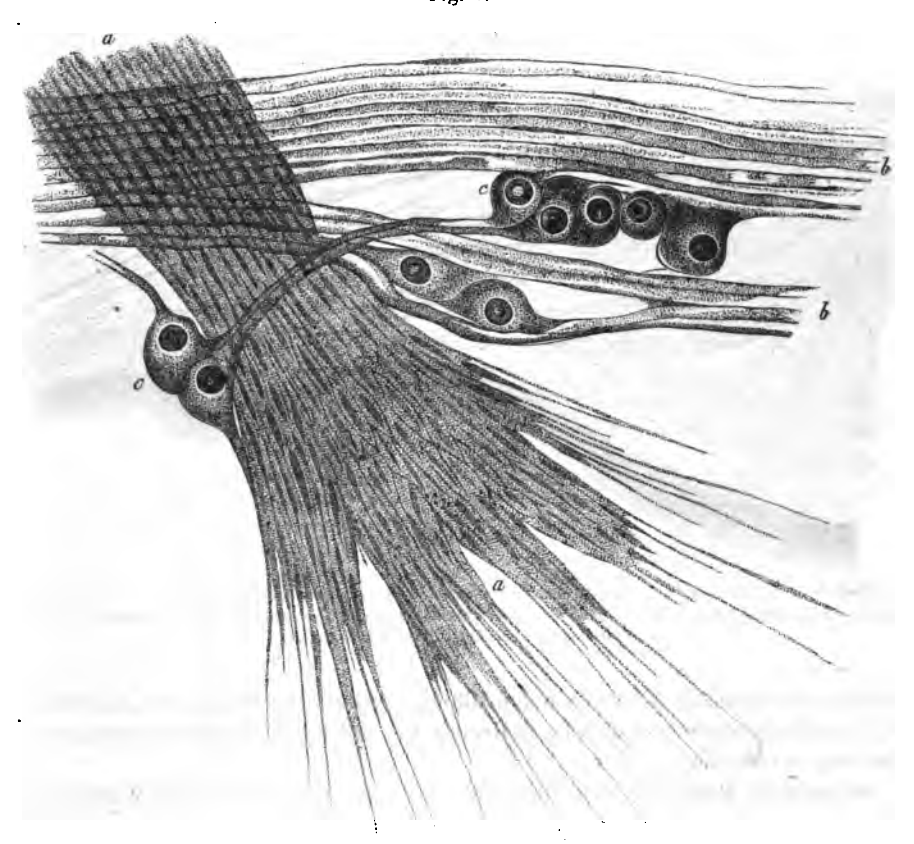
oberflächlichsten Schichten der Choroidea entnommen sind, beobachtet man dagegen zerstreute, feine, aber immer scharf umgrenzte Muskelknoten sternförmiger Gestalt. Sowohl die oberflächlichen als auch die tieferliegenden Knoten anastomosiren unter einander durch mehr weniger lange, mitunter kaum bemerkbare — aus blos zwei bis drei Muskelfasern bestehende — Ausläufer (Jeropheeff).

Sowohl diejenigen Muskelbündel, welche nach ihrem Austritte aus den

Schlingen des Geflechts direct in das Choroidealstroma enden, als auch diejenigen, welche nach dem Austritte aus demselben ein Muskelnetz mit sternförmigen Verdickungen an den Kreuzungsstellen bilden, — laufen sämmtlich in die Fasern



Fig. 4.



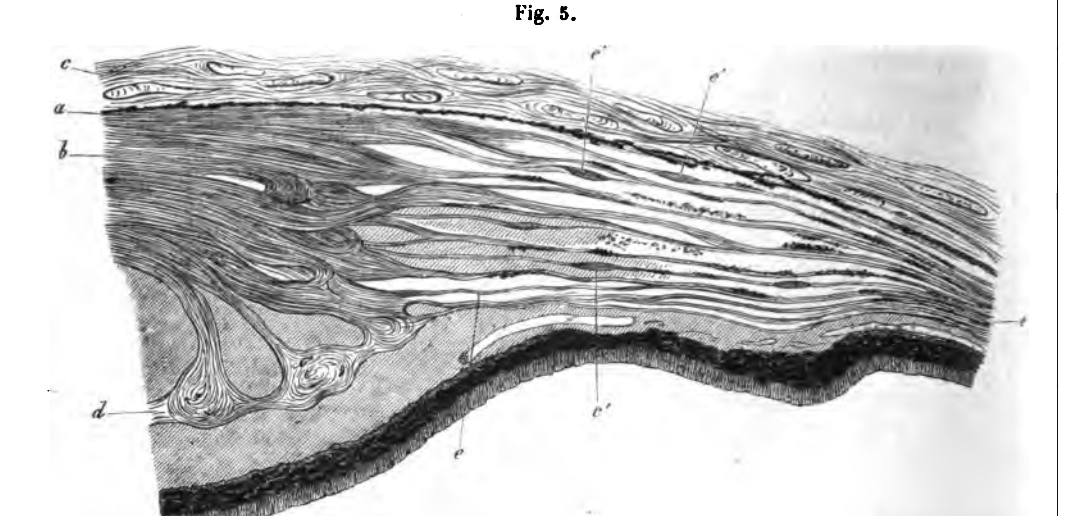
Die Endigung eines muskulösen Fortsatzes, welche nicht in die sternförmigen Anschwellungen übergeht. *a*) Der muskulöse Fortsatz. *b*) Die Nervenfasern. *c*) Ganglienzellen.

des elastischen Gewebes aus, aus welchen sich die obenbeschriebene Reihe feinster Lamellen unter der *Lamina suprachoroidea* gestaltet. Es stellen diese Lamellen auf die Art gleichsam die hintere breite Sehne des Meridionaltheils des Ciliarmuskels dar.

Der Radialtheil des Muskels besteht ebenso wie der meridionale auch aus Lamellen. Jedoch unterscheiden sich die Lamellen des ersteren von denjenigen des letzteren dadurch, dass sie aus Bündeln gebildet sind, welche nicht so dicht und nicht so regelmässig wie im Meridionaltheile angeordnet sind, und dabei noch so viele zahlreiche Ausläufer abgeben, dass die ganze Lamelle als ein Netzwerk erscheint, dessen Maschen, je näher zum hinteren Ende der Lamelle, um

so grösser werden. Ausserdem senden die Bündel noch eine bedeutende Anzahl von Ausläufern aus, mittels derer sich die einzelnen Lamellen mit einander verbinden. — Jede Lamelle endigt in ein dichtes Geflecht, welches der Anordnung seiner Muskelbündel nach sehr an das Geflecht der Meridionallamellen erinnert. In diesem Geflechte sehen wir ganz dasselbe Bild, wie auch in den

Fig. 5.



Hinteres Ende des Ciliarmuskels. *a*) Laminae suprachoroidea et fusca. *b*) Meridionaler Theil des Ciliarmuskels. *c*) Sklera. *d*) Endigungen des radialen Theils des Ciliarmuskels. *e*) Lamellöse Ausbreitung der Fasern, in welchen der meridionale Theil des Ciliarmuskels endigt.

Lamellen des Radialtheiles: von jedem Bündel gehen eine Menge von Ausläufern aus, vermittelst derer sämmtliche Geflechte dieses Theiles des Muskels mit einander eng verbunden werden.

Sämmtliche Radiallamellen beginnen am inneren und vorderen Winkel und verlaufen nach hinten und innen, indem sie mit ihren hinteren Enden divergiren. Die längsten von diesen Lamellen sind die obersten, die den meridionalen am nächsten liegenden, ihre Länge beträgt 2½ Mm., jede der darauffolgenden Lamellen wird immer kürzer und kürzer, so dass die kürzeste von ihnen die allervorderste ist. Alle sind sie an ihrer vorderen Oberfläche etwas concav.

Auf dem Meridonalschnitt des Muskels erscheint der ganze radiale Theil desselben infolge seiner vielfachen Anastomosen als ein Netzwerk, in welchem übrigens die radial verlaufenden Lamellen, als die dickeren, ziemlich scharf gezeichnet sind.

Die vordere Seite und der innere Winkel des Ciliarmuskels wird durch den Müller'schen Ringmuskel gebildet. Die dem Cornealrande parallel verlaufenden Circulärbündel desselben befinden sich zum Theil unmittelbar unter der Anheftungsstelle der Iris an den Ciliarkörper, zum Theil aber auch niedriger, längs der ganzen vorderen Oberfläche der Ciliarfortsätze. Diese Bündel, von verschiedener Mächtigkeit, sind von einander durch eine dicke Bindegewebsschicht ge-

schieden und senden nur stellenweise Ausläufer aus, vermittelst derer sie untereinander anastomosiren. Es bildet somit dieser ganze Theil des Ciliarmuskels einen vollkommen selbstständigen Ringmuskel. Nur der allerhinterste Theil dieses letzteren, d. h. also derjenige, welcher den vorderen Radialbündeln unmittelbar anliegt, wird dadurch gebildet, dass diese letzterwähnten Bündel aus ihrer gewöhnlichen Richtung in eine circuläre umschwenken. Es enden die Radialfasern an dieser Stelle in eben ein solches Muskelgeflecht, wie auch an der gesammten inneren Oberfläche des Ciliarwinkels, — und anastomosirt dieses Geflecht der vorderen Radialbündel mit dem Müller'schen Ringmuskel.

Der Muskel beginnt mit einer breiten Sehne, welche sich nach innen vom Schlemm'schen Canale (*Plexus venosus Leberi*) befindet; die Fasern dieser letzteren richten sich von hier aus nach vorne, gegen die Hornhaut, in deren Gewebe sie sich denn auch schliesslich verlieren. Die nach hinten verlaufenden Sehnenfasern spalten sich jedoch in Lamellen, von denen die sämmtlichen musculösen Lamellen des Ciliarmuskels entspringen. — Die Grenzen der Sehne werden somit gegen aussen durch den Schlemm'schen Canal gebildet, jedoch so, dass auf die äussere Seite des Canals, durchaus keine Fasern dieser Sehne gelangen, — gegen innen durch die Descemet'sche Membran und den Fontana'schen Raum, mit dem die Sehne auch in durchaus keinen Faseraustausch tritt. Nur an der Schläfen- und Nasenseite der Choroidea kann man auch den weiteren Verlauf dieser Bündel verfolgen, hier lagern sie sich, in zwei Bündel vereinigt, zu beiden Seiten der langen Ciliararterien.

In manchen Augen sah H. Müller, nachdem sie der Ciliararterie längs ihres ganzen Verlaufes gefolgt waren, dieselbe auch noch eine Strecke weit im Skleralcanale begleiten.

Der Ciliarmuskel ist im Jahre 1846 durch Brücke entdeckt, welcher ihn damals *Tensor choroideae* nannte. In demselben Jahre wurde er unabhängig von Brücke durch Todd und Bowman beschrieben, die ihm den Namen *Musculus ciliaris* verliehen.

Es waren Brücke nur die meridionalen Fasern dieses Muskels bekannt; er sagt: »Seine von vorne nach hinten verlaufenden Fasern sind einerseits mit einem starken fibrösen Fasernetz, das beim Menschen die innere Wand des *Canalis Schlemmii* bilden hilft, an der Grenze zwischen Sclerotica und Cornea befestigt, andrerseits inseriren sie sich innerhalb einer ziemlich breiten Zone an den vorderen Theil der Choroidea.«

Bei Bowman finden wir bereits Andeutungen auch über die radialverlaufenden Fasern. Schon genauer ist der verschiedene Verlauf der Muskelfasern des Ciliarmuskels durch van Reeken (1855) beschrieben, welcher seine Untersuchungen unter der Anleitung von Donders anstellte. Bei ihm finden wir zuerst eine Hinweisung auf die circuläre Anordnung einiger Muskelfasern. Epochemachend in der Literatur über den Ciliarmuskel war die im Jahre 1857 im III. Bande des »Archivs für Ophthalmologie« durch H. Müller veröffentlichte Arbeit: »Ueber einen ringförmigen Muskel am Ciliarkörper des Menschen und über den Mechanismus der Accomodation.« Nachdem er das über die meridionalen und strahlenförmigen Bündel des Ciliarmuskels bereits Bekannte vorerst revidirt hat, beschreibt er weiter den durch ihn entdeckten Ringmuskel, dem er, seinen eigenen Anschauungen über den Einfluss dieses Muskels auf die Accomodation gemäss den Namen *Compressor lentis* gibt. — In ebendemselben III. Bande des Archivs, nur in dem folgenden Hefte, beschreibt Arlt durch ihn und durch Lambe bereits vor einem Jahre im Ciliarmuskel entdeckte circuläre Bündel, welche sowohl an Lage als an Mächtigkeit verschieden sind. Die später erschienenen Arbeiten von Maukert, sowie die sehr umfangreiche Arbeit von Meyer bieten im Grunde wenig Neues.

Von den neuesten Untersuchungen über den Ciliarmuskel ist diejenige von F. E. Schultze wohl unstreitig die beste (Der Ciliarmuskel des Menschen. Arch. für Mikrosc. Anatomie, III. Th. 1867). Indem derselbe den Muskel mit Hülfe der von ihm vorgeschlagenen Methode (Chlorpalladium) untersuchte, hat er nicht nur die schon vor ihm bekannte Anordnung der Muskelbündel mit grösserer Umständlichkeit und Genauigkeit beschrieben, sondern auch noch ein vollständiges Netzwerk circulärer Bündel entdeckt, welches sich längs der inneren Wandung des Muskels ausbreitet.

In letzterer Zeit hat Wende bei seinen Untersuchungen nirgends im Ciliarmuskel circuläre Fasern auffinden können.

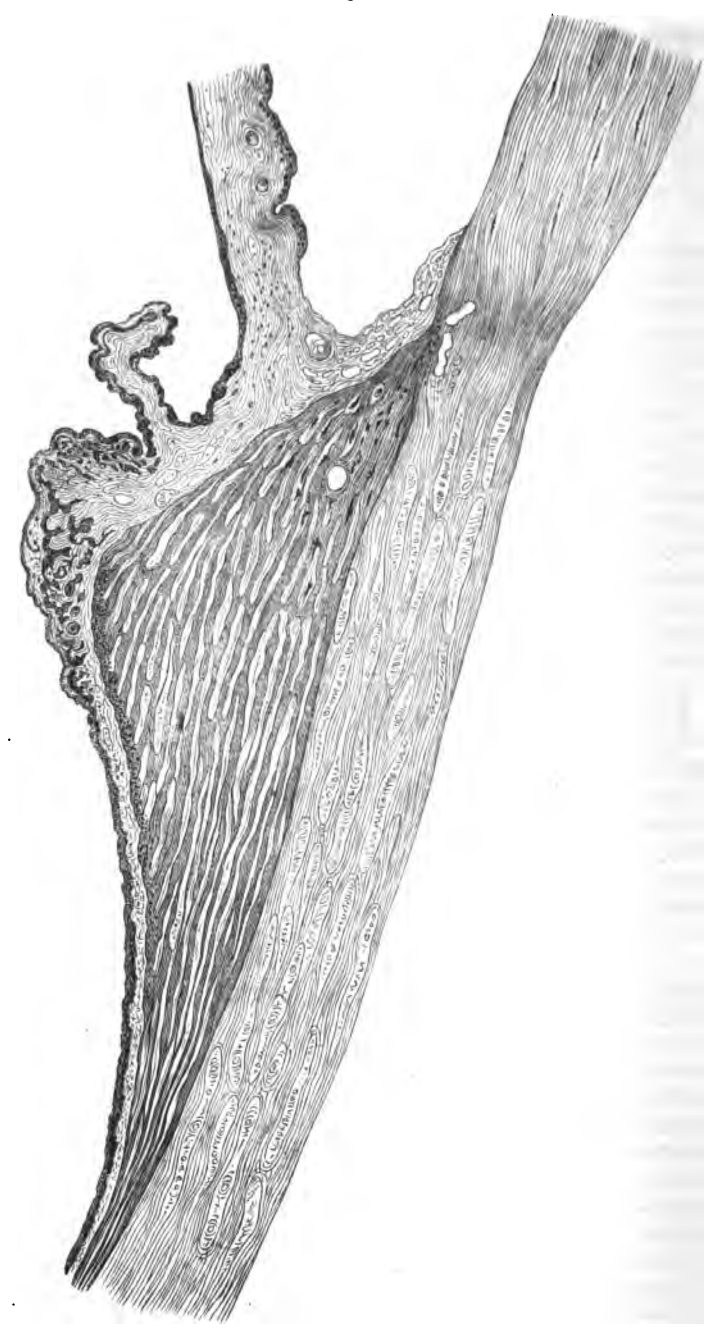
Hinsichtlich des Ursprungs des Muskels gehen die Meinungen bedeutend auseinander.

Nach Brücke beginnt der Muskel mit einem fibrösen Fasernetz, das beim Menschen die innere Wand des *Canalis Schlemmii* bildet. Bowman, van Reeken und in letzterer Zeit Wende beschreiben die Sehne des Muskels als eine Fortsetzung der *Membrana Descemetii*. Wende behauptet, dass sämmtliche Muskelbündel von der Descemet'schen Membran entspringen durch eine kurze Sehne an dieselbe befestigt, so dass diese als der eine Befestigungspunct aufzufassen ist. Nach Mannhardt geht nur ein Theil des Muskels aus der gefaserten *Membrana Descemetii* hervor, während der andere Theil in der *Pars ciliaris iridis* entspringt. H. Müller sagt bei seiner Beschreibung der Anheftung des Muskels: »Seinen vorderen Insertionspunct direct an den elastischen Netzen, welche an der hinteren inneren Wand des Schlemm'schen Canales liegen.« Arlt gibt über die bindenden Elemente, durch welche der Ciliarmuskel mit Cornea und Sklera verbunden wird, an: »Diese Elemente sind eigenthümliche Fasern, welche einwärts vom Schlemm'schen Canale (zwischen diesem und der Descemet'schen Haut) von der Cornea, auswärts davon aber von der Sklera abgehen, und füglich als die Sehne des Ciliarmuskels betrachtet werden können.« Der Meinung F. E. Schultze's nach befindet sich die Hauptmasse der Sehnenfasern einwärts vom Schlemm'schen Canale; nach auswärts von diesem letzteren gelangen keine Sehnenfasern mehr; nur ein kleiner Theil derselben, nämlich die allerinnersten Fasern der Sehne, setzen sich bis in die Descemet'sche Haut fort.

Wenn wir uns mit der Meinung F. E. Schultze's, dessen Untersuchungen über die Sehne des Ciliarmuskels zu den allerumständlichsten gehören, auch vollkommen einverstanden erklären, so können wir doch weder dessen Ansicht, noch diejenige anderer Forscher hinsichtlich einer auch nur irgendwo bestehenden Verbindung dieser Sehne mit der Descemet'schen Membran theilen: die Descemet'sche Membran ist von der Sehne durch den Fontana'schen Raum geschieden. Die Fasern der Sehne könnten von sich aus höchstens nur Ausläufer in den Fontana'schen Raum abgeben und dann vielleicht durch Vermittelung von dessen Stroma mit der Descemet'schen Membran in Verbindung treten, allein auch diese entferntere Communication deutlich wahrzunehmen, wollte mir nicht gelingen.

Die Thätigkeit der drei verschiedenen Theile des Ciliarmuskels ist nach verschiedenen Seiten hin gerichtet: die Müller'schen Ringfasern wirken bei ihrer Contraction in der Richtung gegen die Axe des Auges hin. Die sich contrahirenden Radialfasern üben einen Zug in der Richtung gegen ihre Sehne, ihr *punctum fixum*, aus. Es wird dieser Richtung durchaus nicht entgegengewirkt durch jenes Muskelgeflecht, in welches die Lamellen enden und in welchem die Fasern im Meridionalabschnitt circulär verlaufend erscheinen. Es sind diese circulären Fasern die Fortsetzung der radiären, mit denen sie in toto eine Muskelschlinge bilden: contrahirt sich solch eine Schlinge, so verengert sie ihr Lumen. Die die Lamellen und deren Geflechte unter einander verbindenden Fasern nähern durch ihre Contraction diese Lamellen gegen einander; da nun aber die vorderste von diesen letzteren durch ihr Geflecht mit dem Müller'schen Ringmuskel verbunden ist, so werden bei gleichzeitiger Contraction aller die Radiallamellen nicht allein gegen einander geschoben, sondern auch sämmtlich nach vorne gezogen. — Der sich contrahirende Meridionaltheil des Muskels übt einen Zug hauptsächlich nach vorne, in der Richtung gegen seine Sehne, aus. Es ist wohl klar, dass bei einer derartigen Richtung seiner bewegenden Kraft der Meridionaltheil des Muskels offenbar einen entschiedenen Einfluss auf die Ausdehnung der Choroidea ausüben müsste, wenn er mit

Fig. 6.



Ciliarmuskel eines Myopen.

dieser verwachsen wäre. Hieraus erklärt es sich auch, warum Brücke, der nur die Fasern des Ciliarmuskels kannte, dieselben *Tensor chorioideae* nannte. Hensen und Völkers haben in letzterer Zeit die Möglichkeit einer Verschiebung für die Choroidea experimentell bewiesen. Es scheint uns aber, dass die nähere Bekanntschaft mit der Anatomie dieses Muskels und seiner angrenzenden Theile die Anschauungsweise in Etwas ändern muss. Bis zur letzten Zeit hat man nur wenig auf die hintere Endigungsweise des Muskels geachtet. F. E. Schultze bemerkte zuerst die an der ganzen innern Wand des Muskels verlaufenden circulären Bündel. Im »Handbuch der Lehre von den Geweben von Stricker« habe ich das Geflecht beschrieben, in welches der Meridionaltheil des Muskels nach hinten zu ausläuft. Meine letzten Untersuchungen endlich haben mich zu dem Schlusse gebracht, dass in ein ganz ebensolches Geflecht alle, sowohl meridionale als auch radiale Fasern auslaufen — es ist dieses das F. E. Schultze-sche circuläre Netz, welches sich an der gesammten Innenwand des Muskels befindet. Dank dieser abgeschlossenen, schlingenartigen Endigung ist der Muskel mit dem stark entwickelten Bindegewebe des Ciliarkörpers eng verbunden. Erinnern wir uns, dass dieses Bindegewebe mit der Glashaut des Ciliarkörpers fest verwachsen ist (Henle), dass ferner ebendiese Glashaut hierselbst faltig geschrumpft ist, so wird es uns klar, dass der Haupteffect der Contraction des Ciliarmuskels in toto sich im Ciliarkörper localisiren muss; es würde vielleicht schon die einfache Ausgleichung der Falten der Glashaut genügen, um die *Zonula Zinnii* bedeutend zu relaxiren.

Der Meridionaltheil des Muskels endigt übrigens noch nicht im Geflecht, denn es gehen von dem letztern noch zahlreiche Ausläufer aus, welche hinter dem Geflechte das obenbeschriebene feine Muskelnetz bilden (Jeropheeff). Dieses ganze terminale Muskelnetz läuft in die *L. suprachoroidea* aus, welche, wie sich am Ciliarkörper erweist, aus einer ganzen Reihe übereinanderliegender und aus engverflochtenen elastischen Fasern zusammengesetzten Lamellen bestehen. Dass nun bei einem solchen Verhalten des Meridionaltheils des Muskels gegen die *L. suprachoroidea* und bei einer solchen Structur dieser letztern die tiefen Schichten der Choroidea (Choriocapillaris und mittlere Gefässhaut) durch die Contraction des Muskels nur sehr unwesentlich gedehnt werden können, ist selbstverständlich. Somit wird sich also der ganze Effect der Ciliarmuskelcontraction auf eine Ausdehnung des mit der *Zonula Zinnii* bekanntlich im engsten Zusammenhange stehenden Ciliarkörpers beschränken, während in der Gefässhaut höchstens nur eine Ausdehnung der *L. suprachoroidea* stattfindet, was auch vollkommen einleuchtend ist, wenn man bedenkt, dass die hinter der *Ora serrata* befindliche Choroidea ja durchaus in keinem directen Zusammenhange mit der Zonula sich befindet.

Der Ciliarmuskel des Menschen ist hinsichtlich des relativen Entwicklungsgrades seiner einzelnen Bestandtheile sehr bedeutenden individuellen Schwankungen unterworfen. Seine veränderlichsten Theile sind die circulären Müller-schen Fasern und der Meridionaltheil des Muskels. Für gewöhnlich gilt die Regel, dass die circulären Bündel sich um so schwächer entwickeln, je stärker die meridionalen entwickelt sind, und dass umgekehrt in einem Muskel mit stark entwickelten Circulärbündeln die Meridionalbündel kleiner und kürzer sind. Diese Abweichungen von der Norm steigern sich bis zum Extremen in zwei Ciliarmuskeltypen.

a. Der ganze Muskel besteht aus meridional geordneten Lamellen und ist dabei bedeutend verlängert. Der Ringmuskel fehlt vollkommen. Die Radiallamellen befinden sich in grösserer oder geringerer Menge nur im vorderen und unteren Theile des Muskels. Die ursprüngliche Form des Meridionaldurchschnitts ist verändert: der durch die vordere und äussere Seite eingeschlossene rechte Winkel ist hier durch einen spitzen ersetzt, da die den vorderen Theil des Muskels bildenden circulären Fasern fehlen.

Solch eine Muskelfaser wird vornehmlich an bedeutend verlängerten Augen gefunden, d. h. also an solchen, welche bei Lebzeiten an hochgradiger Kurzsichtigkeit gelitten hatten.

b. Als zweiter Typus erscheint ein Muskel mit stark entwickelten Circulärfasern. Es kommen Augen vor, in denen die circulären Fasern ein ganzes Drittheil des Muskels in Anspruch nehmen. Solch ein Muskel ist sehr kurz; seine meridionalen Fasern sind blos auf einige Lamellen reducirt, so dass er in seiner ganzen Masse fast ausschliesslich aus Circulärbündeln und aus Radiallamellen besteht. Der rechte Winkel des Meridionaldurchschnitts ist in einen stumpfen umgewandelt, da die im vorderen Theile des Muskels befindlichen Bündel an Menge zugenommen haben.

Ein solcher Muskel wird am häufigsten an kurzen Augen beobachtet, d. h. an solchen, welche zu Lebzeiten an Weitsichtigkeit leiden.

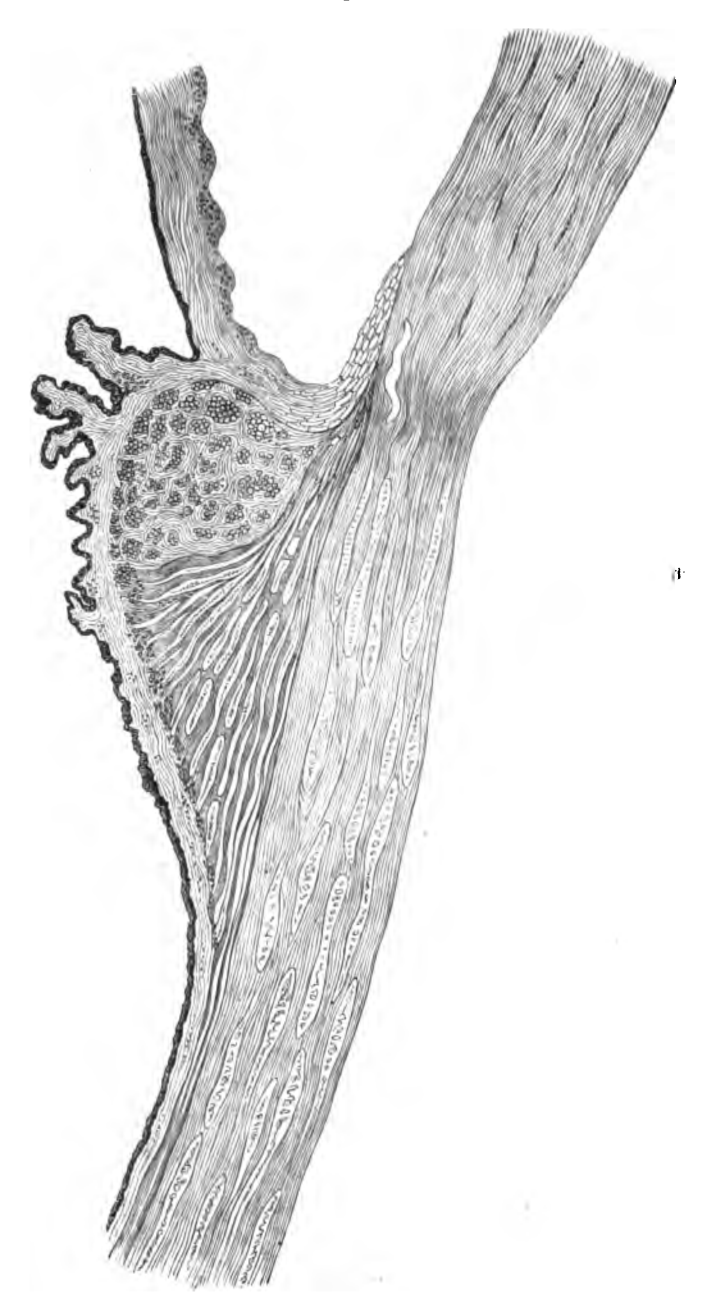
Ebenso wie wir hat auch schon Arlt bei seinen Untersuchungen des Ciliarmuskels gefunden, dass die Circularfasern hinsichtlich ihrer Lage und hinsichtlich ihrer Mächtigkeit bedeutende individuelle Unterschiede zulassen. Dasselbe hat auch F. E. Schultze an den Meridionalfasern bemerkt, — denn indem derselbe sagt, dass dieser Theil des Muskels $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ des gesammten Muskeldurchmessers einnimmt, fügt er auch noch hinzu: »Doch variirt dieses Verhältniss individuell ausserordentlich, und ich habe Augen gefunden, wo diese compacte äussere Schicht fast die Hälfte des Muskelschnitts einnahm.«

Die vollständige Abläugnung der Existenz von Ciliarbündeln im Ciliarmuskel überhaupt, mit welcher Wende im Jahre 1866 heraustritt, ist wohl kaum einem Fehler in der Untersuchung zuzuschreiben. Sicherlich gehörten die von Wende untersuchten Augen zufällig wohl grade zu denjenigen, deren Ciliarmuskel keine circulären Fasern führt, — und dass solche Augen allerdings existiren, dessen haben wir oben bereits erwähnt. Bis zum Jahre 1868 hatte ich 6 solcher Augen untersucht, — dieselben gehörten sämmtlich Kurzsichtigen an. Späterhin hatte ich Gelegenheit, mich vollständig davon zu überzeugen, dass es ausser dem mittleren Ciliarmuskeltypus noch zwei andere gibt — einen, in dem die circulären Bündel vollständig fehlen, und einen zweiten in dem dieselben äusserst stark entwickelt sind. Diese letzteren Untersuchungen haben mich unter anderem auch noch davon überzeugt, dass diese beiden Muskeltypen nicht absolut und unumgänglich mit Kurz- oder Fernsichtigkeit verknüpft sind, da es mir begegnet ist, wenigstens bei Fernsichtigen einen Ciliarmuskel mit schwach entwickeltem Müller'schen Muskel zu finden. —

Die Nerven der Choroidea (*Nervi ciliares*) gehören dem dritten und fünften Paare und dem Sympathicus an. Die längeren von ihnen (*Nervi ciliares longi*) entspringen zu zweien, seltner zu dreien, von der *Pars nasociliaris trigemini*; die andern, kurzen (*Nervi ciliares breves*), 8 — 14 an der Zahl, gehen aus dem *Ganglion ciliare* hervor. Sowohl erstere als letztere durchbohren die Sclerotica nicht weit vom Opticus und verlaufen im Auge auf der äusseren Oberfläche der Choroidea.

Nach dem Austritt aus der Sklera geben diese Nerven viele Abzweigungen von sich, welche zum Theil aus dunkelrandigen, zum Theil aus blassen Nervenfasern bestehen und nach vielfachen und wiederholten Spaltungen und Anastomosen ein dichtes, oberflächliches Nerven-Netzwerk bilden. Jedoch die Stämme der Nerven selbst richten sich, indem sie allmälig immer feiner werden, direct nach vorne, gegen den Ciliarkörper, nach dessen Erreichung sie sich wiederholt dichotomisch theilen und in mehrere dichte Netzwerke zerfallen, von denen das am stärksten entwickelte die Oberfläche des Muskels einnimmt, während die fei-

Fig. 7.

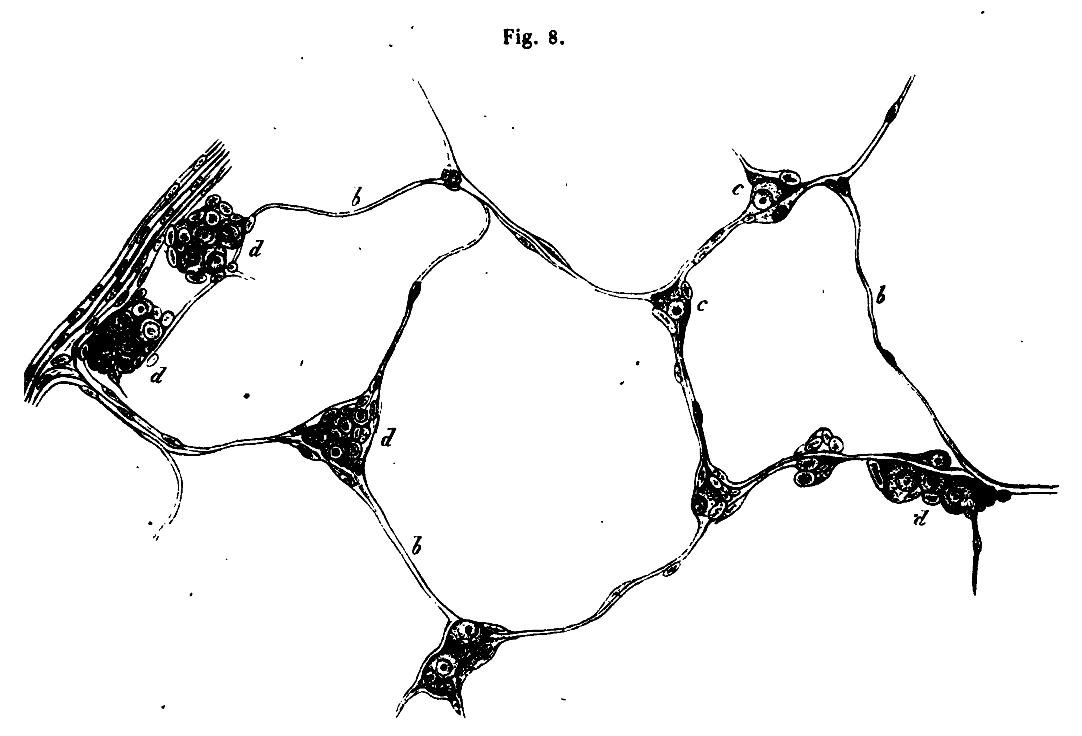


Ciliarmuskel eines Hypermetropen.

neren in die Masse des Muskels selbst eindringen und sich zwischen seine Lamellen vertheilen.

Das ersterwähnte von diesen beiden Nervennetzen liegt in der *L. suprachoroidea* und sendet zahlreiche, feine Nervenfäden aus, welche die Substanz

Fig. 8.



Ein Theil des ganglіösen Nervennetzes aus der Choroidea eines Neugebornen. *a*) Ciliarnerven. *b*) Blasse Nervenfasern. *c*) Isolirte Ganglienzellen. *d*) Gangliengruppen.

der ganzen Choroidea durchsetzen. Es lassen sich diese Fasern leicht längs den Gefässen mittleren Calibers verfolgen, worauf sie in der Choriocapillarschicht verschwinden. Die characteristische Eigenthümlichkeit dieses oberflächlichen Nervennetzes der Choroidea besteht in seinem ungemeinen Reichthume an Ganglienzellen. Bei Neugeborenen, an denen, wegen der Abwesenheit von Pigmentzellen in der Choroidea, sich dieses Netz besonders leicht untersuchen lässt, kann man solche Ganglienzellen einzeln oder in ganzen Gruppen fast an jeder Kreuzungsstelle der Nerven finden. Bei Erwachsenen ist die Zahl dieser Zellen dem Anscheine nach kleiner, dennoch findet man dieselben auch hier ziemlich oft (H. Müller, Schweigger, Saemisch), nicht selten sogar zu 20 und mehr in grösseren Gruppen angeordnet. Solche Zellengruppen (gangliöse Knoten) befinden sich hauptsächlich in dem oberflächlichen Netzwerke. Auch in den tieferen, die Gefässe begleitenden Nervenfasern, kommen Ganglienzellen vor, welche in der Adventitia in einer Reihe hintereinander liegen. Die Ganglienzellen dieses ganzen Netzwerks sind verhältnissmässig ziemlich gross (Fig. 9). Offenbar aber steht

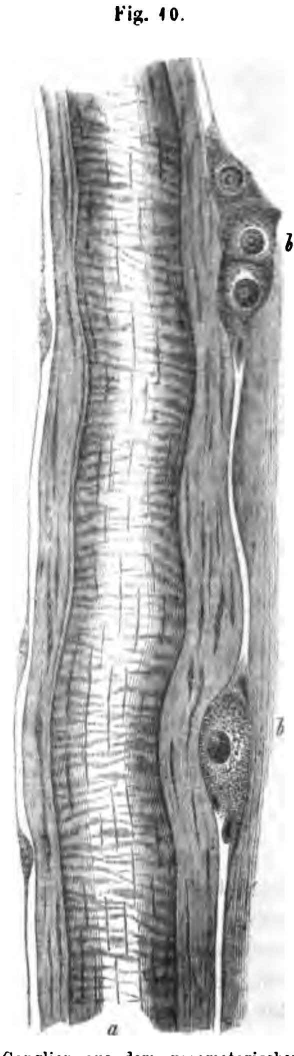
dasselbe in engster Beziehung zu den Choroidealgefässen, wesshalb auch Jerophéeff dieses von ihm speciell untersuchte Netzwerk, zum Unterschiede von von dem untenbeschriebenen, — das vasomotorische nennt.

Fig. 9.



Gangliengruppen aus dem Nervennetze der Choroidea eines Erwachsenen.

Fig. 10.



Ganglien aus dem vasomotorischen Theile der Nerven der Choroidea. *a*) Kleine Arterie. *b*) Ganglienzellen. *c*) Blasse Nervenfasern.

Das zweite Netzwerk wird, wie bereits erwähnt, durch dichotomische Spaltung der Ciliarnerven im Muskel selbst gebildet. Dasselbe besteht aus mehreren Schichten und enthält eine bedeutende Anzahl dunkelrandiger Nervenfasern, während in dem ersten Netzwerke die blassen Nervenfasern praevaliren. Ein

wesentlicher Unterschied zwischen beiden besteht übrigens in der Grösse und Zahl der in ihnen befindlichen Ganglienzellen. In dem zweiten Netzwerk nämlich sind die Zellen klein, mehr vereinzelt und meistentheils bipolar, während die Zellen des ersten Netzwerkes häufig multipolar sind. Somit kann man dieses zweite Netzwerk das musculäre, motorische nennen. Einige kleine Zweige dieses letzteren Netzwerks kehren wieder nach der Choroidea zurück. — Doch konnten wir diese *Rami recurrentes* nur bis zur *Ora serrata* verfolgen, und bleibt es einstweilen schwer zu entscheiden, ob dieselben blos der Verbindung zwischen den beiden Netzen dienen, oder etwa für die Muskeln der Choroidea bestimmt sein sollten.

Schon längst ist es bekannt, dass in den Nerven der Choroidea Ganglienzellen enthalten sind, — so erwähnt derselben bereits Krause. Besondere Aufmerksamkeit wendete diesem Gegenstande zuerst H. Müller zu, welcher noch im Jahre 1859 in einer Arbeit »Ueber Ganglienzellen im Ciliarmuskel des Menschen« und darauf in einer anderen »Ueber glatte Muskeln und Nervengeflechte der Choroidea des menschlichen Auges (H. Müller's gesammelte und hinterlassene Schriften Bd. I, p. 198—201) Zellen erwähnt, welche er in der Grösse von 0,016 — 0,025 Mm. auf den Verzweigungen der Ciliarnerven des Muskels gefunden hat und welche den Ganglienzellen vollkommen ähnlich waren.

Auch in den hinteren Abschnitten der Choroidea hat derselbe Ganglienzellen in der Grösse von 0,04 Mm. beobachtet, — und zwar »in den Stämmchen der Ciliarnerven«, woselbst sie mitunter bis zu »20 in einige Gruppen vertheilt« sind. Schweigger, Saemisch und Krause haben diese Beobachtung Müller's später bestätigt. Schweigger beschreibt ebensolche Ganglienzellen auch noch in der Gefässschicht (»innerste Gefässschicht«, wie er dieselbe nennt) der Choroidea. In der letzten Zeit hat sich mit dieser Frage bei mir Jeropheeff beschäftigt, aus dessen Abhandlung wir die Zeichnungen hierselbst im Texte anführen.

§ 2. An der Regenbogenhaut unterscheidet man den Pupillarrand, *Margo pupillaris*, welcher ihre centrale Oeffnung, die Pupille, begrenzt, und den Ciliarrand, *Margo ciliaris*, der sie an den Ciliarkörper und die Hornhaut befestigt; ferner eine vordere und hintere Oberfläche.

An der vorderen Oberfläche der Iris bemerkt man eine gezackte Leiste, wodurch diese Oberfläche in zwei Zonen getheilt wird. Die innere, Pupillarzone, etwa 1 Mm. breit, ist mit strahligen, eng zusammengelegten Fältchen besetzt, die äussere, Ciliarzone, misst in der Breite etwa 3 Mm. (bei mittlerem Pupillendurchmesser von 4 Mm. an der Leiche) und besitzt in der äusseren Hälfte 5—7 concentrisch geordnete Falten, welche immer, besonders aber bei erweiterter Pupille scharf hervortreten.

Die vordere Oberfläche der Regenbogenhaut ist mit Epithel bedeckt, welches eigentlich die Fortsetzung des Epithels der Descemet'schen Haut ist, sich aber etwas von ihm unterscheidet, und zwar besteht es aus kleineren Zellen, welche körnig und nicht so ausgeprägt sechswinkelig sind, sich auch nicht so scharf von einander absetzen, wie das Epithel der Descemet'schen Haut.

Die hintere Oberfläche der Iris ist schwarz gefärbt, was seinen Grund in einer dicken hier befindlichen Pigmentschicht hat; es ist dies die Uvea der Auto-

ren. Die Uvea beginnt am Rande der Pupille, welche im Zustande der Verengerung deutlich von ihr eingesäumt wird (während des Erweiterungsvorganges der Pupille verschwindet dieser Saum zu allererst), und endigt am Ciliarrande, in

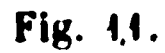
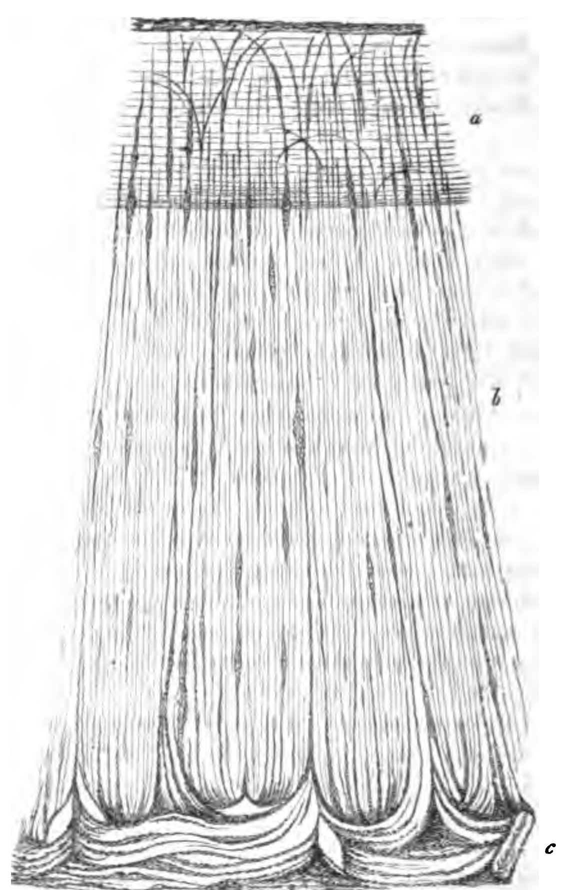


Fig. 11.



Muskeln der Iris. *a*) Sphincter. *b*) Dilatator. *c*) Ciliarende des Dilatator.

die Pigmentschichte der Ciliarfortsätze übergehend. (Die Grenze zwischen diesem und jenem Pigmente ist immer scharf ausgeprägt, da das Pigment der Ciliarfortsätze bis zu seiner Berührungsstelle mit der Uvea mit einer Lage des Ciliartheiles der Retina versehen ist.)

In histologischer Beziehung besteht die Uvea aus Zellen, deren Protoplasma von, den Kern vollkommen verdeckenden, Pigmentkörnchen durchsetzt ist. Beim Zerzupfen dieser Schichte gerathen gewöhnlich unter das Mikroscop Klümpchen von den verschiedensten Dimensionen und mit rauher Oberfläche, es ist daher unmöglich, aus diesen Bruchstücken die Form der Zellen zu bestimmen. Die Kerne, vollständig von Pigment befreit, sind rund, leicht körnig.

Die freie Oberfläche der Uvea besitzt eine Reihe strahlenförmig geordneter seichter Falten, welche in Gestalt regelmässiger, gerader Linien vom pupillaren zum ciliaren Rande sich erstrecken; ihre Zahl ist 70—80.

Beim Menschen existirt keine Bedeckungsmembran für diese Pigmentschichte. Das, was man sonst unter dem Namen *Membrana limitans Pacini*, Jacobi, *pigmenti* beschrieb, sind nach Kölliker »die vereinten äusseren Zellenwandungen der Pigmentzellen«; nach Henle ist es die Grenze des Kittes, der die Pigmentkörnchen zusammenhält, eine Deutung, welche um so wahrscheinlicher klingt, als man an den Zellen dieser Schichte keine Wandungen wahrnehmen kann.

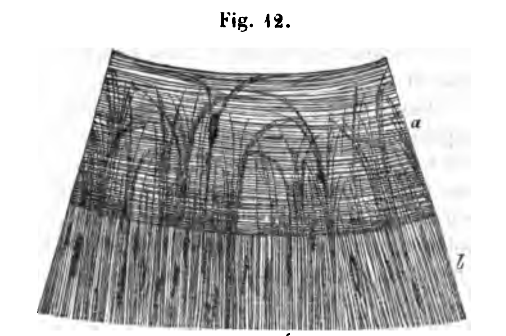
Das Gewebe der Regenbogenhaut besteht, so wie das Gewebe der Choroidea aus Gefässen, Muskeln, Nerven und dem Stroma.

Die Gefässe der Iris zeichnen sich im Allgemeinen durch die ausserordentliche Dicke ihrer Wandungen (Arnold), im Besonderen durch die Adventitia (Henle) derselben aus, welche letztere für sich bedeutend dicker ist als die übrigen Gefässhäute zusammengenommen. Ausserdem zeigen die Gefässwandungen der Iris eine mächtige Entwickelung der Musculatur (Arnold und Hüttenbrenner).

Die Bewegungen der Iris vermitteln zwei Muskeln: der Sphincter, welcher die Pupille verengt, und der Dilatator, dessen Thätigkeit Erweiterung der Pupille zur Folge hat.

Der Sphincter der Pupille (Fig. 12 *a*) nimmt die Pupillarzone der Iris ein und erstreckt sich vom Pupillarrande auf 0,9—1,3 Mm. nach aussen. Am Pupillarrande ist er dünner (er ist hier 0,10 Mm. dick), nach aussen wird er dicker und erreicht nicht weit von seinem äusseren Rande die Dicke von 0,25 Mm. Er ist der hinteren Oberfläche der Iris näher gerückt, so dass er von der Uvea nur durch eine dünne Schicht Bindegewebe und äusserst zarte, dem Dilatator angehörige Muskelzüge geschieden ist.

Fig. 12.



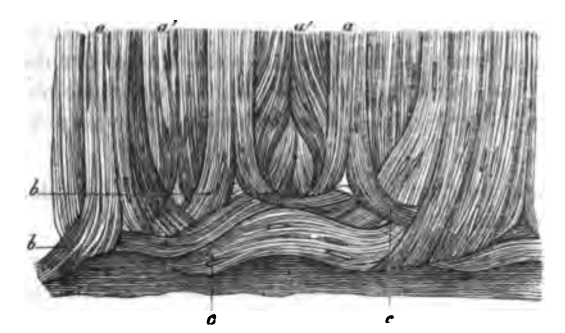
Segment der Iris von der Fläche gesehen. *a*) Sphincter. *b*) Dilatator.

Der *Dilatator pupillae* (Fig. 12 *b*) entwickelt sich aus den Bündeln des Sphincter als deren ununterbrochene Fortsetzung. Seinen Anfang bildet eine Reihe bogenförmig verflochtener Bündel, welche theils im Inneren des Sphincters, theils an seiner hinteren Oberfläche zwischen ihm und der Pigmentschichte gelagert sind. Diese einzelnen Bündel vereinigen sich, nachdem sie schon seine Grenze überschritten haben, zu einer zusammenhängenden, die ganze hintere Irisoberfläche überziehenden Muskelplatte; alle seine Fasern liegen regelmässig parallel neben einander, alle sind im strahlenförmigen Zuge von dem Pupillar- zum Ciliarrande gerichtet.

In der Entfernung auf ½ Mm. von der Anheftungsstelle theilt sich der Muskel

in einzelne Bündel, welche sich in zwei Lagen (Fig. 13 a. a') über einander schichten. Die Fasern dieser Bündel verändern unmittelbar am Ciliarrande neuerdings ihre Richtung, biegen bogenförmig (b) um und bilden, nachher sich unter einander verflechtend, einen dünnen Muskelplexus (c), welcher ringförmig den Ciliarrand der Iris umfasst.

Fig. 13.



Anordnung der Muskelzüge in der Iris. Buchstaben im Text erläutert.

Die Literatur über den Dilatator bringt uns unwillkührlich auf den Gedanken, dass man bis auf Henle die Existenz dieses Muskels beim Menschen mehr auf Grund der zwingenden physiologischen Nothwendigkeit voraussetzte, als dass sie in Wirklichkeit bewiesen war. Dass die Mehrzahl der Autoren ihn bei Thieren gesehen haben, das unterliegt wohl keinem Zweifel; ebenso wahrscheinlich ist es, dass sie dann die dort gewonnenen Beobachtungen direct auf den Menschen übertrugen, aber auf Grund der Eigenthümlichkeiten, die die ganze Einrichtung des Accomodations- und Muskelmechanismus beim Menschen aufweist, ist ein solches einfaches Uebertragen der an Thieren gewonnenen Resultate auf den Menschen nicht thunlich. — Die Besonderheiten im Baue des Dilatators beim Menschen nöthigten selbst Henle zu der richtigen Bemerkung, dass zwischen dem Objecte seiner Beschreibung und jenem, das von Brücke und Kölliker als Dilatator gedeutet wurde, keine Gemeinschaft existire.

Kölliker[1]) selbst verbirgt nicht, dass seine Beschreibung dem Dilatator des Kaninchens entlehnt sei. Der Dilatator besteht nach ihm aus einzelnen dünnen Bündeln, welche zwischen den Gefässen, folglich in der Irissubstanz liegen. Henle[2]) deutet auf eine besondere Faserlage hin, welche sich auf der inneren Irisoberfläche befindet, und meint in dieser gleichartigen und lückenlosen, obzwar sehr dünnen Schichte von Radiärfasern, welche sich vom pupillaren bis zum ciliaren Rande erstrecken, den Muskel zu erblicken, dessen Contraction die Erweiterung der Pupille zur Folge habe.

Diese Aeusserung gab die Veranlassung zu neuen Arbeiten über den Dilatator. Nach Hüttenbrenner[3]) zeigt der Dilatator beim Kaninchen die von Henle beschriebene, zusammenhängende Schichte von Muskelfasern, welche gleich hinter dem Epithel, das bei diesen Thieren die Pigmentschichte vertritt, gelagert ist. Dieser Muskel reicht bis zum Ciliarrande, einige von seinen Fasern können leicht bis zum *Lig. pectinatum* verfolgt werden. Es ist dies augenfällig nicht jener Muskel, den Kölliker bei Kaninchen gesehen hat. Nach der Meinung Hüttenbrenner's ist auch der Dilatator beim Menschen auf dieselbe Weise eingerichtet. Dem Gesagten zufolge bestätigt dieser Autor, mit alleiniger Ausnahme des Ueberganges von Muskelfasern in das *Lig. pectinatum*, die Ansichten Henle's und zwar nicht allein für den Menschen, sondern auch in Betreff der Thiere.

Merkel[4]) beschreibt und zeichnet den Dilatator wieder mehr ähnlich der Kölliker'schen

---

1) Handbuch der Gewebelehre des Menschen 1867, § 667.
2) Handbuch der system. Anatomie des Menschen. Bd. II, S. 635.
3) Sitzungsberichte d. k. Academie d. Wissensch. 1. Abth. 1868.
4) Zeitschrift für rat. Medicin. XXXI, XXXIV.

Definition; es ist da nicht von einer gleichmässigen und lückenlosen Schichte, wie sie HENLE gesehen, die Rede, sondern von isolirten Bündeln, welche übrigens wie bei HENLE, gleich hinter dem Pigmente gelagert sind.

DOGIEL[1]) beschreibt einen Muskel, der auf die von BRÜCKE und KÖLLIKER gegebenen Beschreibungen desselben passt: er beginnt vom Sphincter auf der Vorderfläche der Iris, dann richtet er sich, in vereinzelte Bündel gespalten, zwischen den Gefässen von innen nach aussen und befestigt sich am Ciliarring.

In Anbetracht dieser Widersprüche forderte ich Herrn JEROPHEEFF auf, den Dilatator beim Menschen zu untersuchen. Die Resultate dieser Untersuchung sind oben mitgetheilt worden; sie stimmen mit der Beschreibung HENLE's vollkommen überein. Ausserdem ist es Herrn JEROPHEEFF gelungen, noch die circulären Bündel beim Ciliarrande zu entdecken.

Nach dem Erscheinen des Stricker'schen Handbuchs »der Lehre von den Geweben« sind bereits drei Arbeiten über den *Dilatator pupillae* veröffentlicht worden. Zwei gehören GRÜNHAGEN an, eine — MERKEL.

GRÜNHAGEN ist ein alter Gegner des Dilatator. Schon im Jahre 1864[2]) und darauf im Jahre 1867[3]) ist er in zwei grossen Abhandlungen gegen die damals herrschende Lehre über den Sitz und den Bau des Dilatator aufgetreten.

Die Verdienste GRÜNHAGEN's in Bezug auf diese Frage sind in der That nicht zu unterschätzen: Dank seinen obengenannten zwei Untersuchungen ist der Sachverhalt so weit gediehen, dass man mit dem blossen Abcopiren ungenauer Beschreibungen des Dilatator aus einem Handbuch ins andre sich nicht mehr begnügen durfte. Die Frage wurde nun so gestellt, dass man entweder mit GRÜNHAGEN den Dilatator negiren, oder ihn wirklich auffinden musste, — Letzteres that nun HENLE, indem er zeigte, dass der Dilatator sich an der hintern Fläche der Iris befinde, dicht unter der Uvea. Die ferneren Aufsätze GRÜNHAGEN's diesen Punct betreffend sind immer der Art, dass sie einer jeden neuen, die Existenz des Dilatator bestätigenden Untersuchung sofort verneinend entgegentreten.

Schreibt, beispielsweise, MERKEL[4]) im Jahre 1868 zur Bestätigung der Beobachtung KÖLLIKER's und HENLE's, dass der Dilatator unterhalb des Irispigments in Form radienartig ausstrahlender Bündel verlaufe, so erwidert GRÜNHAGEN[5]) sofort, dass hier kein Muskel vorhanden sei, da er in der von MERKEL als Muskelbündel beschriebenen Faserschicht nirgends Kerne finde.

Ich[6]) gebe später im Stricker'schen Handbuch an (— auf Grund der von JEROPHEEFF unter meiner Leitung gemachten Beobachtungen —), wo der Dilatator sitze, wo er beginne und aufhöre; — auch mir antwortet GRÜNHAGEN[7]) dasselbe, dass nämlich mein Dilatator kein Muskel sei, vielmehr eine ganz eigenthümliche, in viele Fasern sich auflösende Membran, welche Fasern »ihrem Ansehen und ihrer chemischen Reaction nach — feinen elastischen Fasern gleichen«. Ferner, dass diese Membran sich abheben lasse »in grossen Strecken ohne Spur eines Kerns«.

Als darauf MERKEL[8]), meine und JEROPHEEFF's Arbeit bestätigend, eine prächtige Zeichnung des Dilatator liefert, in dessen jeder Faser eine Faserzelle nebst Kern deutlich sichtbar,

---

[1]) Archiv für mikrosc. Anatomie. Bd. VI, S. 95.

[2]) Archiv für pathol. Anatomie und Physiol. von R. VIRCHOW. Bd. XXX. Ueber Iris-Bewegung. Von GRÜNHAGEN.

[3]) Zeitschrift für rationelle Medicin. HENLE und PFEUFFER. Bd. XXVIII. 2. 3.

[4]) Zeitschrift für rationelle Medicin von HENLE und PFEUFFER. Bd. XXXI. Zur Anatomie der Iris. S. 136.

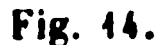
[5]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. XXXI. S. 403.

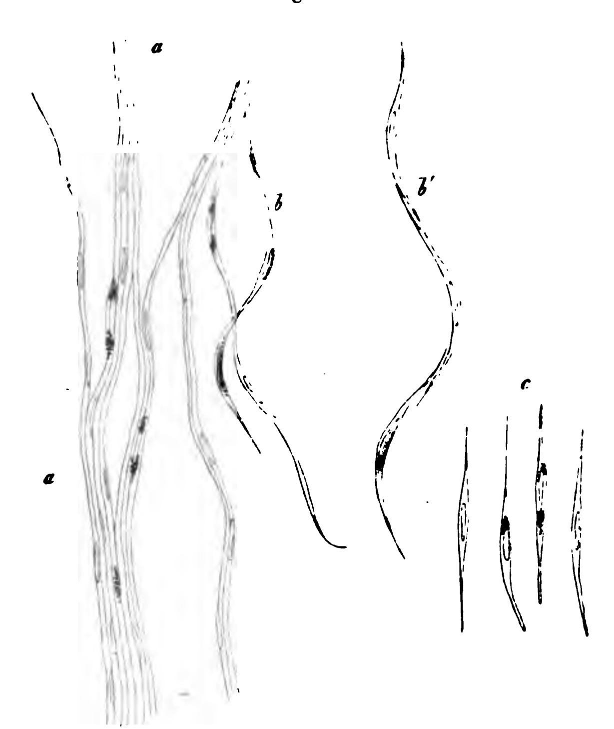
[6]) STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 1046.

[7]) Archiv für mikrosc. Anatomie von M. SCHULTZE. Bd. IX. Zweites Heft. Zur Frage über die Iris-Musculatur. S. 286.

[8]) Die Musculatur der menschl. Iris. Rostock, Stiller'sche Buchhandlung. 1873.

so verschreibt GRÜNHAGEN[1]) Merkel'sche Präparate, fertigt sich selbst welche an, überzeugt sich, dass in der That eine jede Faser einen deutlichen Kern besitze. Nichtsdestoweniger aber bleibt er bei seiner Ansicht, dass es doch keine Muskelzellen sind.


Fig. 14.



Dank dieser energischen Dilatatorverfolgung ist man jetzt wenigstens über das Streitobject im Reinen. Die ganze Polemik lässt sich nun auf die einfache Frage reduziren, ob man die in der unter der Uvea liegenden Membran enthaltenen Faserzellen als Muskelfaserzellen ansprechen darf oder nicht? — Ich habe nun diese Membran hochmals untersucht und glaube behaupten zu müssen, dass man's wohl kann. Die ganze, die hintere Irisfläche bekleidende Membran besteht aus einer Schicht radienförmig ausstrahlender Fasern. Eine jede Faser geht regelmässig vom Sphincter zum Ciliarrand der Iris, wo sie einen circulären Verlauf einschlägt. Beim Zerzupfen lassen die Fasern sich leicht verschieben, wie es die Zeichnung 14 *a* zeigt. Eine jede Faser besteht aus einer Reihe spindelförmiger Zellen nebst stäbchenartigem Kern. Auf derselben Zeichnung (*b*) ist eine solche, als aus einer Reihe Zellen hervorgegangene Faser abgebildet. Die Zellen selbst (*c*) bieten einen ziemlich einförmigen Bau; sie sind spindelförmig, mit zum grössten Theil stäbchenartigen, manchmal aber auch ovalen Kernen. Viele derselben enthalten im Protoplasma, um den Kern herum, Pigment. Eine solche Structur der Membran aus Fasern, der Fasern aus Zellen, die den Muskelzellen sehr ähnlich, bestimmt uns selbige Membran als Muskelhaut anzusprechen.

---

1) Archiv für mikrosc. Anatomie von M. SCHULTZE. Bd. IX. Viertes Heft. »Ueber die hintere Begrenzungsschicht der menschlichen Iris. GRÜNHAGEN. X.

Was man auch immerhin sagen mag, so ist und bleibt der Dilatator doch ein nothwendiges physiologisches Desiderium und sollten wir uns daher blos Glück dazu wünschen, dass endlich eine Membran gefunden ist, die anatomischerseits keine ernsten Bedenken in Betreff ihrer Musculatur erweckt und zu gleicher Zeit dem physiologischen Postulat so vollkommen entspricht.

Die Nerven der menschlichen Iris sind vorläufig in Folge der bedeutenden Schwierigkeiten, die sichihrer Untersuchung entgegenstellen, noch sehr unbefriedigend erforscht. Die beste Untersuchung über diesen Gegenstand ist die von ARNOLD[1]) und behandelt eigentlich nur die Nerven des Kaninchens.

Die Nerven der Iris sind Aeste der Ciliarnerven der Choroidea. Nachdem sie die Iris betreten, theilen sie sich in ihrem äusseren Theile dichotomisch, bilden Bogen und zerfallen dann in ein Netz, bestehend aus Nervenästen mittlerer Grösse. In diesem Netze bemerkt man einen Faseraustausch der Nervenstämme, wobei die Gruppirung der Fasern sehr an das *Chiasma nerv. opticorum* erinnert.

Von diesen Kreuzungspuncten entwickeln sich drei Arten von Nervenfibrillen: a) blasse Fasern, mit aller Wahrscheinlichkeit dem Sympathicus angehörig, welche ihre Richtung zur hintern Oberfläche der Iris nehmen (folglich zum Dilatator) und auf ihr ein sehr feines Netz bilden; b) markhaltige Fasern, welche zur vorderen Oberfläche treten und dort in ein dichtes Netz feiner Fasern zerfallen; es sind dies die sensiblen Fasern der Regenbogenhaut; c) schliesslich breitet sich ein drittes Netz innerhalb des Sphincters aus; seine zarten Nerven gehören grösstentheils zu den motorischen.

Die Gefässe, Muskeln und Nerven der Iris liegen in einem Stroma eingebettet, welches zumeist aus Bindegewebsfibrillen und Zellen besteht.

Das Bindegewebe begleitet in Form von dünnen Fibrillenbündeln die Gefässe; ausserdem trifft man in den Zwischenräumen derselben auch Fasern, welche hauptsächlich in der Längsrichtung verlaufen.

In schwarzen Augen besteht die Hauptmasse des Stromas aus pigmentirten, sternförmigen Zellen, welche unter einander dichte Anastomosen eingehen. Am dichtesten befinden sich diese Zellen in der oberflächlichsten Schichte der Iris. In schwarzen Augen trifft man ausserdem noch freie, runde, stark pigmentirte Zellen an.

In hellen Augen findet man pigmentlose, sternförmige Zellen mit langen, dünnen Fortsätzen, und ausserdem eine grosse Menge runder, den Lymphkörpern ähnliche Zellen.

---

[1]) Archiv für pathol. Anatomie und Physiol. Bd. XXVII: Ueber die Nerven und das Epithel der Iris.

II. Die Linse und das Strahlenplättchen.

Von Dr. Julius Arnold in Heidelberg.[1]

In dem ersten Capitel haben nicht nur die Form- und Grössenverhält
der Linse eine eingehende Besprechung erfahren, sondern es ist auch der T
tur derselben Erwähnung geschehen und nachgewiesen, dass sie aus Fasern s
aufbaut; es ist ferner dargelegt, auf welche Weise diese aneinander gefügt
in welcher Richtung sie im Allgemeinen verlaufen und welche Verschieden
sie bei der Betrachtung mit unbewaffnetem Auge in den centralen und peri
rischen Abschnitten der Linse darbieten. Es sind überdies die Eigensch
der die Linsenfasern umhüllenden Kapsel, sowie die Verbindungen ders
mit den benachbarten Theilen geschildert. — In den nachfolgenden Zeilen
delt es sich dagegen um die Darstellung der feineren Structur der Linsen
und ihres Aufhängebandes, sowie der Linsenfasern, ferner um den Nac
der Fügung dieser zu jenem einheitlichen Gebilde, das den wichtigsten Th
dioptrischen Apparates ausmacht. Ausserdem werden die genetischen V
nisse der einzelnen Formbestandtheile und die einzelnen Entwicklungs
des Organs zu erörtern sein, weil eine richtige Darstellung und Auffassu
Baues der ausgewachsenen Linse nur möglich ist, wenn genetische G
puncte zu Grunde gelegt werden.

§ 1. Die **Linsenkapsel** erscheint als eine vollkommen lichte.
scheinende, zuweilen leicht gelblich gefärbte Membran. Ihre Dicke sch
hohem Grade an den verschiedenen Abschnitten der Linse; dieselbe is
trächtlichsten an den mittleren Abschnitten der vorderen Linsenkapsel
0,018 Mm.. Von der Insertionsstelle der *Zonula Zinnii* an pflegt die Di
nehmen; eine Erscheinung, die sich aus der Entwicklung der Linsenka
seits, der *Zonula Zinnii* andererseits erklärt, da beide einschliesslich
körpers durch Einstülpung des mittleren Keimblattes entstehen und u
als einheitliche Gebilde sich darstellen, welche erst später sich differen
dünnste Partie entspricht dem am hinteren Pol gelegenen Abschnitt
0,008 Mm.). Ausser den Differenzen in der Dicke an verschiedenen
det man solche bei einzelnen Individuen nach dem Alter; im Allgem
die Dicke der Kapsel proportional mit diesem zuzunehmen. Auch bei
nen Thiergattungen sind wesentliche Verschiedenheiten vorhanden.

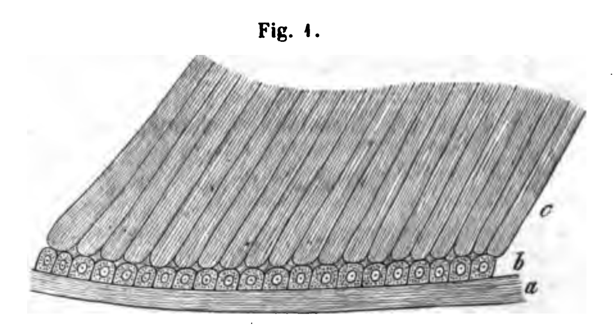
Bei der mikroscopischen Untersuchung erscheint die Linsenkap
Fläche aus betrachtet als eine vollständig homogene structurlose M

---

[1] Die in diesem Capitel über den Bau und die Formelemente der Li
deren Entwicklun[illegible]rgelegten Schilderungen sind das Ergebniss ei
suchungen. [illegible]ies nur, um Herrn Dr. Goldzieher, früherem A
hiesige[illegible]nik, der mich bei denselben wesentlich unters
Ge[illegible]nde Anerkennung auszusprechen.

dem optischen und wirklichen Querschnitt dagegen ist an derselben auch bei dem Zusatz indifferenter Flüssigkeiten (*Humor aqueus*) ein System feiner Linien zu erkennen, die parallel der Oberfläche ziehen, (cf. Fig. 1 *a*). Ich habe diese Zeichnung bei Thieren (Schwein, Rind etc.) sel-[illegible]en vermisst.

Fig. 1.



Schnitt durch eine gefrorene Linse. *a*) vordere Linsenkapsel, *b*) Epithel derselben, *c*) Linsenfasern.

Der eben geschilderten [illegible]reifung der Linsenkapsel [illegible]wähnen bereits VALENTIN[1]), [illegible]NSONIDES[2]) und KÖLLIKER[3]). [illegible] von dem letztgenannten [illegible]tor hervorgehoben wird, [illegible]s dieselbe besonders deut-[illegible] nach der Einwirkung von [illegible]ren und Alkalien hervortrete, so lässt sich schwer entscheiden, ob die von KÖLLIKER be-[illegible]iebene Zeichnung identisch ist mit der oben erwähnten. Dagegen stimmen die von FREY[4]) [illegible] ROBINSKI[5]) gegebenen Schilderungen vollständig mit meinen eigenen Wahrnehmungen [illegible]ein. Die Frage ist insofern von einiger Bedeutung, als die Existenz einer solchen die An-[illegible]ne, dass die Linsenkapsel als bindegewebige Membran aufzufassen sei, zu stützen geeignet [illegible]ine Anschauung, die allerdings erst durch die Berücksichtigung des Entwickelungsmodus [illegible]insenkapsel zu einer vollkommen berechtigten wird.

Die Linsenkapsel ist ein im hohen Grade elastisches Gebilde. Dieselbe rollt nach der Eröffnung nach aussen um, zuweilen unter gleichzeitigem Austre-[illegible]on Linsensubstanz. Ihr Imbibitionsvermögen scheint trotz ihrer dichten Fü-[illegible] ein hochgradiges zu sein; wenigstens quillt sie nach mehrstündigem Liegen [illegible]sser beträchtlich auf. Bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften ist hervor-[illegible]en, dass sie sich bei mehrstündigem Kochen in Wasser löst, ohne beim [illegible]en zu gelatiniren. Die Lösung reagirt neutral. In derselben entsteht durch [illegible]ure ein schwacher flockiger, durch Millon'sches Reagens ein stärkerer mit [illegible]it sich röthlich färbender Niederschlag, während Essigsäure, Bleiacetate [illegible]ine wesentliche Veränderung hervorbringen. Durch concentrirte Säuren [illegible]ie Linsenkapsel rasch zerstört.

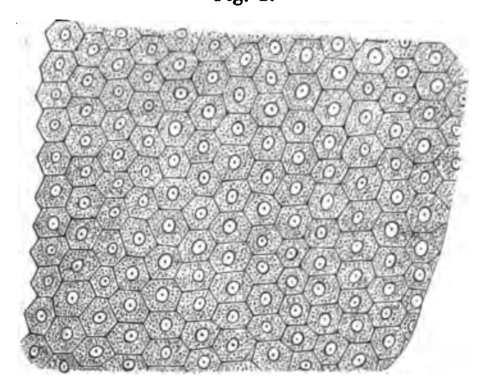
[illegible]SONIDES[6]) schrieb der Linsenkapsel eine bedeutende Resistenzfähigkeit gegen concen-[illegible]uren zu und gab an, dass dieselbe nach 48stündigem Kochen in Wasser sich nicht [illegible]ch eigenen Erfahrungen kann ich den Angaben STRAHL's[7]), dass sich die Linsenkapsel [illegible]rstündigem Kochen in Wasser löst, nur beistimmen. Dagegen möchte ich aus dem [illegible]en des Gelatinirens beim Erkalten nicht unbedingt den Schluss ziehen, dass die [illegible]sel keinen Leim enthalte, da bekanntlich manche Leimlösungen nach längerem

[illegible]LENTIN, Handb. d. Physiologie v. Wagner 1842. S. 663.
[illegible]NSONIDES, Nederland. Lanc. 1848.
[illegible]LIKER, Mikroscop. Anat. 1854. Bd. II. 2. S. 706.
[illegible]Y, Histologie. 1870. S. 276.
[illegible]INSKI, Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1872.
[illegible]SONIDES, l. c.
[illegible]HL, Arch. f. phys. Heilk. Bd. XI. 1852.

Kochen diese Eigenschaft einbüssen. Am meisten stimmt die Linsenkapsel auch in chemischer Beziehung mit den bindegewebigen Häuten überein; von den elastischen Membranen unterscheidet sie sich durch ihre geringe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren (KÜHNE[1]).

§ 2. Epithel. Die Innenfläche der vorderen Linsenkapsel ist mit einer einfachen und continuirlichen Lage polygonaler meistens sechseckiger Zellen besetzt (cf. Fig. 1 *b* u. 2). Dieselben erscheinen im frischen Zustande, unter Zusatz von *Humor aqueus* untersucht, licht und schwach gekörnt. Bei einzelnen wird die Körnung mehr oder weniger vermisst; sie erscheinen vielmehr als lichte mehr kuglige Gebilde. Andere enthalten in der gekörnten Grundsubstanz mit lichter Masse angefüllte Räume (Vacuolen). Die Körper der letztgenannten Art werden in frischen Augen selten, häufiger in nicht ganz frischen Objecten getroffen. Während an den Präparaten, die mit *Humor aqueus* befeuchtet sind, die Kerne der Zellen nicht sichtbar sind oder wenigstens erst nach einiger Zeit kenntlich werden, treten dieselben bei Zusatz von schwachen Lösungen von Goldchlorid, Chromsäure und chromsaurem Kali deutlich hervor und erhalten wie die Zellen selbst scharfe Contouren. Die Kerne enthalten fast ausnahmslos ein, manchmal auch zwei scharfbegrenzte Kernkörperchen. Die Grösse der Zellen schwankt zwischen 0,019 und 0,021 Mm., diejenige der Kerne zwischen 0,009—0,011 Mm. Die Kerne liegen nicht immer im Centrum der Zellen. Lässt man auf die Innenfläche der vorderen Linsenkapsel schwache Silberlösungen einwirken, so treten zwischen den Zellen schmale schwarze Linien auf, welche die ersteren regelmässig umsäumen.

Fig. 2.



Epithel an der inneren Fläche der vorderen Linsenkapsel. Flächenansicht.

Gegen den Aequator verändert sich der Character des eben beschriebenen Beleges in der Weise, dass die Körnung der Zellen zu-, die Deutlichkeit ihrer Begrenzung abnimmt. Am Aequator selbst findet man vorwiegend körnige kernhaltige Körper, deren Contourirung sehr häufig eine unbestimmte ist. Diese gegen den Aequator auftretenden Veränderungen des Beleges an der Innenfläche der vorderen Kapsel sind weniger ausgesprochen bei älteren Individuen, obgleich sie fast niemals fehlen; um so characteristischer sind sie in den früheren Lebensperioden. Am Aequator schliesst die Lage der eben beschriebenen Gebilde mit einem nach hinten wenig scharf begrenzten Wulst ab. Die hintere Linsenkapsel entbehrt an ihrer inneren Fläche eines Beleges von Zellen. Die an dieser Stelle zuweilen vorkommenden polygonalen Zeichnungen sind kernlos nnd ohne Zweifel

[1]) KÜHNE, physiol. Chem., Glashäute.

nichts anderes als die Abdrücke der Enden von Linsenfasern, deren Inhalt geronnen ist, an der hinteren Kapsel bei der Ablösung dieser haften bleibt und auf diese Weise einen zelligen Beleg vortäuscht.

Die Geschichte der Entdeckung des Epithels an der vorderen Linsenkapsel bietet in mannichfacher Beziehung Interesse; ich lasse deshalb eine kurze Darstellung derselben hier folgen.

WERNECK[1]) hat zuerst im Jahre 1834 das Epithel an der inneren Fläche der vorderen Linsenkapsel nicht nur beschrieben, sondern auch vollkommen richtig abgebildet: eine für damalige Zeiten, in denen man noch sehr unklare Begriffe über Formelemente und insbesondere über Zellen hatte, erstaunliche Leistung, deren Werth durch die theilweise verkehrte Deutung WERNECK's nicht wesentlich geschmälert werden kann. Während WERNECK diesen Beleg von Zellen der inneren Fläche der vorderen Linsenkapsel zuschreibt, verlegen PAPPENHEIM[2]) (1842) und HUSCHKE[3]) (1844) denselben an die äussere Fläche der vorderen Linsenkapsel und lassen ihn continuirlich auf die hintere Irisfläche sich fortsetzen. Auch BRÜCKE[4]) (1847), LOHMEYER[5]) (1854) und A. nehmen noch ein solches Verhalten der epithelialen Bekleidung an.

HENLE[6]) (1841) und C. KRAUSE[7]) (1842) beschreiben zwar das Epithel der vorderen Linsenkapsel richtig, lassen aber dasselbe sich auf die hintere Wand fortsetzen. Der Erstere[8]) berichtigt diese Angabe (1852) nach Untersuchungen an Augen von Enthaupteten, bei denen er weder an der vorderen Irisfläche noch an der hinteren Linsenkapsel eine epitheliale Bekleidung nachweisen konnte. Eine vollkommen richtige Erkenntniss über die Anordnung und Bedeutung des sogenannten Epithels der Linsenkapsel haben uns erst die Untersuchungen über die Entwicklung dieser Gebilde gebracht, aus denen sich ergibt, dass die vom oberen Keimblatt eingestülpten Bildungszellen, insoweit sie hinter dem Aequator gelegen sind, zu Linsenfasern werden, während die vor diesem gelegenen Gebilde zu einem Beleg der Innenfläche der vorderen Linsenkapsel sich umgestalten. Aus diesem Entwicklungsmodus ergibt sich aber von selbst die Thatsache, dass nur die vordere Kapselwand einen Beleg von Zellen besitzen kann und dass die von FINKBEINER[9]), NUNNELEY[10]), ROBIN[11]) u. A. bezüglich eines Epithels der hinteren Kapsel gemachten Angaben auf einer Täuschung beruhen. Die von den genannten Autoren, sowie die von HENLE[12]) an dieser Stelle beschriebenen Zeichnungen sind nichts anderes, als die Abgüsse der an die Kapsel sich inserirenden Faserenden, deren Inhalt geronnen ist, wie dies auch schon aus der Uebereinstimmung dieser Massen in optischer und mikrochemischer Beziehung, insbesondere aber aus dem Mangel von Kernen an diesen Gebilden hervorgeht.

Die eben geschilderten in der Richtung gegen den Aequator eintretenden Veränderungen der Zellen an der vorderen Linsenkapsel sind schon von BECKER[13]) beschrieben worden. Kerntheilungen oder darauf hinzielende Phänomene habe ich an denselben niemals wahrgenommen. Dagegen glaube ich die auf Körnung und Begrenzung der Zellen sich beziehenden Angaben

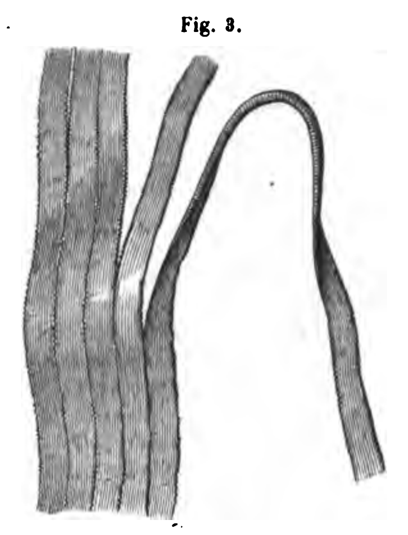
---

1) WERNECK, Ammon's Zeitschr. f. Ophthalm. Bd. IV. 1834.
2) PAPPENHEIM, Gewebelehre des Auges. 1842.
3) HUSCHKE, Eingeweidelehre, Sömmerring's Anatom. 1844.
4) BRÜCKE, Beschr. d. menschl. Augapfels. 1847.
5) LOHMEYER, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. V. 1854.
6) HENLE, Allgem. Anatomie. 1841. S. 318.
7) C. KRAUSE, Anatom. 1842. S. 540.
8) HENLE, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. II. 1852.
9) FINKBEINER, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. VI. 1858.
10) NUNNELEY, Journ. of microscop. science. April 1858.
11) ROBIN, Arch. d'Ophthalmolog. T. V.
12) HENLE, Handb. d. Anat. Bd. II. 1866. S. 632.
13) BECKER. Arch. f. Ophthalmolog. Bd. IX. 1863.

gegenüber den widersprechenden Mittheilungen SERNOFF's[1]) und BABUCHIN's[2]) aufrecht halten zu müssen. Auch dieses Verhalten des sog. Epithels an der Aequatorialzone hat eine tiefere Bedeutung und steht zu der an dieser Stelle nicht nur nach der Geburt, sondern auch noch in den mittleren Lebensjahren fortdauernden Neubildung von Linsenfasern in innigster Beziehung.

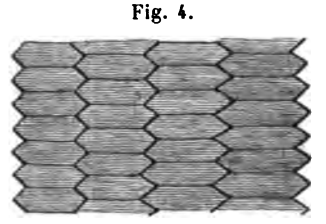
§ 3. Linsenfasern. Es wurde oben bereits hervorgehoben, dass der eigentliche Körper der Linse aus Fasern aufgebaut ist. Dieselben erscheinen im frischen Zustande untersucht von der Fläche gesehen als breite, von der Seite betrachtet als schmale Bänder, welche aus einer lichten Substanz bestehen. Ihre Contouren sind anfangs wenig scharf, werden aber mit der Zeit deutlicher. Zuweilen nimmt man an ihnen Längs- und Querstreifen wahr (cf. Fig. 3). Die ersteren sind sehr fein, stehen ziemlich dicht und verlaufen parallel den Randcontouren; bei unregelmässiger Lagerung der Bänder werden sie mehr wellig. Die Querstreifung ist eine sehr unbeständige, insofern sie nur an einzelnen Fasern oder einzelnen Abschnitten von Fasern getroffen, an anderen vermisst wird; am deutlichsten nimmt man sie an jenen Bändern wahr, die umgeschlagen sind, und zwar gerade an den umgeschlagenen Flächen. Ausserdem ist die Zeichnung eine unregelmässige insofern, als die Querstreifen in ungleichen Abständen von einander aufgestellt sind oder gar in mehr schiefer Richtung verlaufen. Während die Fasern von der Fläche betrachtet als breitere, von der Seite gesehen als schmälere Bänder sich präsentiren, erscheinen sie auf dem Durchschnitt als sechsseitige Prismen, bei denen die parallel den Linsenflächen gelegenen zwei Seiten breiter, die vier gegen den Linsenrand gerichteten schmäler sind (cf. Fig. 4.).

Fig. 3.



Isolirte Linsenfasern.

Fig. 4.



Querdurchschnittene Fasern einer gefrorenen Linse.

Die bis jetzt hervorgehobenen Eigenschaften gelten für sämmtliche Linsenbänder, mögen sie in den peripherischen oder centralen Abschnitten der Linse gelegen sein. Auf der anderen Seite wären zunächst die Differenzen in der Structur der Linsenbänder hervorzuheben, je nachdem diese dem Rand oder dem Cen-

---

1) SERNOFF, Arch. f. Ophthalmolog. Bd. XIII. 1867.
2) BABUCHIN, Stricker's Histolog. Bd. II. 1872.

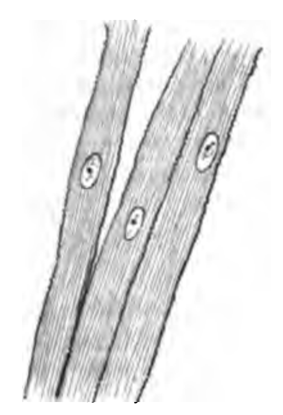
trum der Linse näher liegen. — Während nämlich die ersteren nur an der Peripherie eine dichtere Fügung besitzen, im Uebrigen aber aus einer zähweichen Masse bestehen, sind die letzteren dichter gefügt und fester. Aus dieser Differenz in der Textur erklärt es sich, dass die peripherischen Fasern mehr als mit zähweichem Inhalt gefüllte Röhren erscheinen, aus denen der erstere bei Druck oder spontan leicht austritt, während die dichter gefügten centralen Bänder solche Erscheinungen nicht darbieten. Erwähnen will ich noch, dass diese Dichtigkeit in der Textur der Fasern von dem Aequator nach dem Centrum der Linse zunimmt. Aus den eben beschriebenen Eigenschaften der peripherischen und centralen Linsenfasern ergibt sich von selbst, dass die Bezeichnung »Linsenröhren« nur auf die ersteren, nicht aber auf die letzteren anwendbar und dass man nicht berechtigt ist, ohne Weiteres den Linsenbändern eine Membran zuzuschreiben, wenigstens dann nicht, wenn man diese im Sinne der Zellentheorie definirt.

Die geschilderten Differenzen in der Textur der Fasern äussern sich auch in der verschiedenen Breite und Dicke dieser. Die peripherischen Bänder sind breiter (0,010 — 0,012 Mm.) und dicker (0,0045 — 0,0055 Mm.) als die centralen, welche in der Breite nur 0,007 — 0,008 Mm., in der Dicke 0,0023 — 0,0028 Mm. messen. Diese Unterschiede in den Maassverhältnissen sind schon bei der Betrachtung der Fasern von der Fläche wahrzunehmen; viel auffallender treten sie an Querschnitten hervor, bei denen die den Querschnitten centraler Fasern entsprechenden Prismen viel schmäler und dünner erscheinen als diejenigen der peripherisch gelegenen Bänder. Doch habe ich wiederholt wahrgenommen, dass auch die in derselben Schichte gelegenen Prismen zuweilen Grössendifferenzen darbieten, indem kleinere zwischen grössere eingeschaltet sind. — Bei dieser Gelegenheit will ich erwähnen, dass auch Unterschiede in den Maassverhältnissen an den verschiedenen Abschnitten derselben Faser bestehen, da diese gegen die beiden Enden leicht kolbig anzuschwellen pflegt. Im äquatorialen Theil werden die Fasern gleichfalls als dicker angegeben; sie sollen dagegen nach vorn und hinten von diesem sich verschmälern. Die Beurtheilung dieser Verhältnisse erfordert grosse Vorsicht, weil solche Ungleichheiten in der Breite und Dicke der einzelnen Abschnitte der Fasern leicht erst nach dem Tode entstehen können, wenn der zähweiche Inhalt namentlich der peripherischen Fasern gerinnt und aus irgend welchen Gründen innerhalb der Faser ungleichmässig vertheilt wird. Insbesondere scheinen die Faserenden in Folge solcher post mortem eintretenden Veränderungen eine Abweichung in ihrer Form der Art zu erfahren, dass sie beträchtlich kolbig anschwellen. Wenn so auf der einen Seite zugegeben werden muss, dass zum Theil die Verschiedenheiten in der Form der einzelnen Faserabschnitte erst nach dem Tode zu Stande kommen, so geht man meines Erachtens auf der anderen Seite doch zu weit, wenn man eine Dickenzunahme der Faserenden überhaupt in Abrede stellt; sie ist nur keine so beträchtliche, wie man sich dies früher vorgestellt hat. Die verbreiterten Faserenden stellen sich von der Fläche aus betrachtet als kernlose polygonale Platten dar, die, wie bereits oben erwähnt, an der hinteren Kapsel zu der Annahme eines Epithels die Veranlassung geworden sind.

Ein weiterer Unterschied in der Structur der peripherischen und centralen Fasern bezieht sich auf die Anwesenheit von Kernen in den ersteren, den Man-

gel solcher in den letzteren. Die an der Peripherie gelegenen Bänder enthalten nämlich in dem hintersten Abschnitt der vorderen Hälfte ovale schwach gekörnte Kerne, welche fast immer deutliche Kernkörperchen einschliessen cf. Fig. 5 und Fig. 11). Nach der Angabe einzelner Autoren sollen die Fasern an der Kernstelle bauchig aufgetrieben sein, und zwar in der Richtung von vorne nach hinten. Während die Kerne in den peripherischen Fasern deutlicher contourirt sind, werden sie in den dem Centrum der Linse näher gelegenen Bändern undeutlicher und fehlen in den centralen Fasern vollständig. Mehrere Histologen berichten von Fasern, die mehrere Kerne enthalten sollen; ja einige nehmen an, dass die Fasern aus Zellen zusammengesetzt seien.

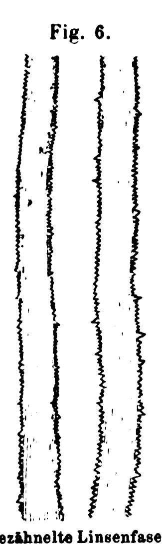
Fig. 5.



Kernhaltige Linsenfasern.

Die letzte Verschiedenheit der Structur an den peripherischen und centralen Linsenfasern, welche erwähnt werden muss, bezieht sich auf die Beschaffenheit der Randcontouren. Dieselben sind bei den ersten mehr glatt, bei den letzteren mehr oder weniger stark wellig, oder selbst gezähnelt, (cf. Fig. 3 und Fig. 6). Im Allgemeinen nimmt dieses Phänomen der Zähnelung an den Randcontouren der Fasern von aussen nach innen zu. Dasselbe zeigt aber insofern Differenzen, als an denselben Fasern die Zähne bald nur sehr kurz bald länger sind; nicht selten werden kurze und lange Fortsätze abwechselnd getroffen. Dagegen gilt als Regel, dass die Deutlichkeit der Zähnelung gegen die Faserenden abnimmt. Da oben nachgewiesen wurde, dass auch die dichtere Textur der Fasern von aussen nach innen zunimmt, so würde sich daraus ergeben, dass die central gelegenen Fasern dichter gefügt und gezähnelt sind, während die peripherischen Bänder aus einer zähweichen Masse bestehen und parallele, höchstens leicht wellige Contouren besitzen.

Fig. 6.



Gezähnelte Linsenfasern.

Dass die Linse aus Fasern sich aufbaut, hat zuerst LEEUWENHOEK[1]) beobachtet. Von SÖMMERRING[2]), BAERENS[3]) und BERZELIUS[4]) wurden die Fasern für Kunstproducte erklärt. REIL[5]), HOME und BAUER[6]) dagegen erklärten sich für die Existenz von Fasern. Eine genauere Beschreibung derselben verdanken wir HUSCHKE[7]), der auch ihren Verlauf ge-

1) LEEUWENHOEK, Philosoph. Transact. 1674, 84 u. 93.
2) SÖMMERRING, Beiträge.
3) BAERENS, Diss. sist. systemat. lent. cryst. monograph. Tubing. 1819.
4) BERZELIUS, Ueber die Zusammensetzung der thierischen Flüssigkeiten. Nürnberg 1814.
5) REIL, De lent. crystall. struct. fibros. Hal. 1784.
6) HOME u. BAUER, Philosoph. Transact. 1822.
7) HUSCHKE, Ammon's Zeitschr. Bd. III.

nauer schilderte. Brewster[1]) fand zuerst die Zähnelung der Linsenfasern, Corda[2]) und Werneck[3]) deren prismatische Gestalt.

Dass an den Linsenfasern unter gewissen Verhältnissen streifige Zeichnungen sich finden, erwähnen zuerst Fr. Arnold[4]), Harting[5]) und Valentin[6]). Kölliker[7]) beschreibt die Längsstreifung der Fasern gleichfalls und führt dieselbe auf »Faltenbildungen der Scheide der Linsenfasern« zurück. Auch neuere Beobachter berichten von einer Längsstreifung; sie stimmen aber im Wesentlichen darin überein, dass diese Zeichnung durch Runzelungen und Unebenheiten der Fasern entstehe (Frey[8]), Babuchin[9]), Robinski[10]) u. A.). Ich selbst habe wiederholt diese Streifungen an frischen und mit Reagentien behandelten Fasern wahrgenommen. Insbesondere will ich erwähnen, dass, wenn man Linsen in verdünnte Lösungen von Osmiumsäure legt, dieselben zunächst in Lamellen, später in einzelne Fasern zerfallen, welche letztere wieder in feine Fibrillen sich spalten. Ich bin weit davon entfernt, daraus den Schluss zu ziehen, dass die Linsenbänder aus Fibrillen zusammengesetzt seien. Ich begnüge mich vielmehr mit der Anführung der einfachen Thatsache; nur will ich noch hervorheben, dass dieses Phänomen namentlich an den centralen, seltener an den peripherischen Fasern zur Wahrnehmung gelangt. Dass dem so ist, begreift sich leicht, wenn man die oben geschilderten Differenzen in der Textur dieser beiden Fasersysteme berücksichtigt. Es wurde erwähnt, dass die peripherischen Fasern aus einer zähweichen Substanz bestehen, die nur an der Peripherie ein dichteres Gefüge besitzen, während die centralen Fasern durchaus eine festere Textur zeigen, dass die ersteren einen Kern enthalten, die letzteren eines solchen entbehren. Zieht man diese Eigenschaften und die aus dem Entwicklungsmodus der Linse sich ergebende Thatsache in Erwägung, dass die Anbildung von Linsenfasern in späteren Perioden ausschliesslich von dem Aequator aus geschieht, so wird man die Auffassung, dass es sich um bestimmte an den Fasern auftretende Metamorphosen handelt, welche den Vorgängen der Verhornung epidermoidaler Gebilde analog sind, gern als richtig anerkennen. Diese Metamorphosen beginnen bei den peripherischen Fasern in den äusseren Abschnitten, schreiten aber gegen das Centrum dieser vor, je mehr dieselben durch vom Aequator aus neu angebildete Fasern gegen den Linsenkern gedrängt werden. Dass die in der beschriebenen Weise metamorphosirten Fasern gegen Reagentien anders sich verhalten als die an der Peripherie gelegenen, würde sich einfach aus der differenten Textur erklären. Bei dieser Auffassung der Structur der Linsenbänder würde sich auch die allerdings nur für die peripherischen Linsenfasern in Betracht kommende Frage, ob dieselben als mit Membranen ausgestattete Röhren zu betrachten seien oder nicht, von selbst erledigen.

Eine Querstreifung der Fasern wird bereits von Corda[11]), Werneck[12]), Wagner[13]), Valentin[14]), Henle[15]), Kölliker[16]), sowie von neueren Beobachtern (Babuchin[17]), Robinski[18]),

---

1) Brewster, Philosoph. Transact. 1833 u. 1836.
2) Corda, Weitenwerbers Beitr. Prag 1835.
3) Werneck, Ammon's Zeitschr. f. Ophthalmolog. Bd. IV.
4) Fr. Arnold, Handb. d. Anatom. Bd. I. S. 216.
5) Harting, Histolog. Anteek. Bd. XII. 1846.
6) Valentin, l. c.
7) Kölliker, Handb. d. mikroscop. Anatomie, l. c.
8) Frey, Histologie, l. c.
9) Babuchin, Stricker's Histologie, l. c.
10) Robinski, l. c.
11) Corda, l. c.
12) Werneck, Ammon's Zeitschr. f. Ophthalmolog. Bd. V.
13) Wagner, l. c.
14) Valentin, l. c.
15) Henle, Handb. d. Anatomie, l. c.
16) Kölliker, Handb. d. mikroscop. Anatomie, l. c.
17) Babuchin, l. c.
18) Robinski, l. c.

Fubini[1]) u. A.) erwähnt. Die Deutung dieser Zeichnung ist aber jeder Zeit eine sehr verschiedene gewesen. Während Valentin in derselben eine den Fasern eigenthümliche Structur erkennt, wird dieselbe von Henle, Kölliker, Babuchin und Robinski als der Ausdruck einer Faltenbildung gedeutet. Fubini scheint dagegen wieder mehr der Valentin'schen Auffassung sich anzuschliessen. Derselbe hebt hervor, dass die Fasern, wenn sie mit einer der breiten Oberflächen aufliegen, mit gezähnelten Rändern und ohne Querstreifen erscheinen, dass sie dagegen Querstreifen erkennen lassen, wenn sie sich auf eine der schmalen Flächen umgelegt haben. Henle ist der Ansicht, dass die feine Querstreifung, wie sie öfters an Flächenansichten der Linsenfasern wahrgenommen werde, der Ausdruck der einander entgegenkommenden Zähne sei.

Bezüglich der Breite der einzelnen Faserabschnitte finden sich in der Literatur die verschiedensten Angaben. Die Einen nehmen an, dass die Faserenden die grösste Breite besitzen. Die Anderen behaupten, dass diese gerade dünner seien; wiederum Andere schreiben den Fasern in der ganzen Ausdehnung gleiche Breite zu. Diese widersprechenden Berichte erklären sich zum Theil aus der zähweichen Beschaffenheit des Inhaltes der Linsenröhren, der wie oben erwähnt wurde, sehr leicht austritt oder innerhalb der Fasern ungleichmässig coagulirt und so an einzelnen Abschnitten der Fasern zu Auftreibungen, an anderen zu einer Verschmälerung die Veranlassung wird. Die Verschiedenheit der Form der einzelnen Faserabschnitte aber lediglich auf diese Vorgänge zurückzuführen, wie dies neuerdings von Robinski geschehen ist, halte ich nicht für berechtigt.

Von manchen Histologen werden einzelnen Fasern mehrere Kerne zugeschrieben, so von Frey u. A., während Andere (Meyer[2]), Kölliker[3]), v. Becker[4]) u. A.) die Existenz von mehrkernigen Linsenfasern in Abrede stellen. Obgleich es auch mir nicht gelungen ist, an isolirten Linsenfasern mehrere Kerne wahrzunehmen, so bin ich doch weit davon entfernt, dieses negative Resultat positiven Angaben wie denjenigen Frey's entgegenzustellen; und zwar um so weniger, als es wohl denkbar ist, dass zu verschiedenen Zeiten in einer noch in der Entwicklung begriffenen Faser neue Kerne entstehen. Dagegen muss ich mich aber aussprechen, dass aus dieser mehrkernigen Beschaffenheit der Linsenfasern auf eine Zusammensetzung dieser aus mehreren Zellen geschlossen wird, wie dies früher von Harting[5]), neuerdings von Moriggia[6]) und Fubini[7]) geschehen ist. Gegen eine solche Auffassung spricht die Entstehung der einzelnen Linsenfasern, sowie die Genese des ganzen Organes. —

§ 4. Verbindung der Linsenfasern. In dem vorstehenden Abschnitt wurde nachgewiesen, dass der Körper der Linse aus Fasern zusammengesetzt ist, welche die Form von sechsseitigen Prismen besitzen und dass diese mit den beiden langen Seiten parallel den Linsenflächen gelagert, während die vier kurzen Seiten gegen den Linsenrand gerichtet sind. Unsere nächste Aufgabe wird nun sein, zu erörtern, in welcher Weise diese Fasern an den Flächen und Seiten unter einander zu einem einheitlichen Ganzen gefügt sind. In dieser Beziehung ist zu betonen, dass sie mit ihren breiten, parallel den Linsenflächen verlaufenden Seiten einfach vor einander liegen, während sie mit ihren schmalen Seiten der Art in einander gefügt sind, dass diese in einander geschoben er-

---

1) Fubini, Moleschott's Unters. Bd. XI. 1873.
2) Meyer, Müller's Arch. 1851.
3) Kölliker, l. c.
4) v. Becker, l. c.
5) Harting, l. c.
6) Moriggia, Moleschott's Unters. Bd. X.
7) Fubini, l. c.

scheinen. Man erhält deshalb auf dem Querschnitt eine zierliche mosaikähnliche Zeichnung, zusammengesetzt aus sechsseitigen Prismen, deren lange Seiten in einer Richtung vor- und übereinander liegen, während sie mit den schmalen Seiten in einander greifen (cf. Fig. 4 und Fig. 8).

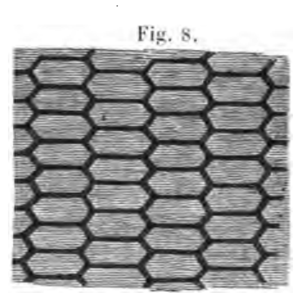
Die Verbindung der Fasern unter einander wird vermittelt durch eine Kittsubstanz; die zwischen den breiteren Seiten gelegene Kittmasse scheint spärlicher zu sein, als die zwischen den schmalen Seiten befindliche. Die Kittsubstanz ist licht, homogen und nur mittelst bestimmter Reagentien nachweisbar. Verfertigt man an gefrorenen Linsen Schnitte parallel der einen Linsenfläche, so erhält man wenigstens in den tieferen Schichten immer Fasern, die in der Längsrichtung getroffen sind, ebenso bleiben bei Ablösung der Kapsel häufig Lamellen von Linsenbändern an dieser haften. Legt man solche Präparate auf kurze Zeit in schwache Silberlösungen (1 : 800—1000), so sind zwischen den Bändern braune oder schwarze Linien bei der mikroscopischen Untersuchung nachweisbar, welche die Randcontouren in dem ganzen Verlauf der Fasern umsäumen (cf. Fig. 7). Fertigt man Querschnitte und behandelt man dieselben nach der gleichen Methode, so findet man solche schwarze Linien sowohl zwischen den breiten als den schmalen Seiten; nur sind die an den erstgenannten Stellen gelegenen Leisten sehr schmal, die zwischen den letzteren befindlichen breiter (cf. Fig. 8).

Fig. 7.

Linsenfasern mit Silberlösung behandelt.

Die eben beschriebenen Zeichnungen entsprechen einer Kittsubstanz, welche die Verbindung der Fasern an den breiten wie schmalen Seiten vermittelt. Wenn man berechtigt ist, aus der Menge der Kittsubstanz auf die Art der Fügung der Theile einen Schluss zu ziehen, so müsste man eine innigere Verbindung der Bänder in der Richtung der schmalen als in derjenigen der breiten Seiten erwarten.

Fig. 8.



Querdurchschnittene Fasern einer gefrorenen Linse mit Silberlösung behandelt.

Ausser durch diese Kittsubstanz ist die Verbindung der Fasern untereinander an den schmalen Seiten durch die früher beschriebene Zähnelung vermittelt. Diese Zähne sind meistens nur kurz und können so gewöhnlich nicht ineinander greifen. Dennoch mögen sie zu einer innigeren Fügung der Fasern dadurch Veranlassung geben, dass sie in die zwischen den schmalen Seiten der Linsenbänder gelegenen Kittleisten eingelassen sind. Die eben erwähnte innigere Verbindung der Fasern in der Richtung der schmalen Seiten wäre dann die Folge sowohl der Anwesenheit breiterer Kittleisten als der Art der Einfügung der Zähne in diese. Bei anderen Fasern sind aber die Zähne in der That so lang, dass sie mehr oder weniger weit übereinander zu greifen im Stande sind. Diese letzterwähnte Anordnungsweise ist aber keineswegs die gewöhnliche. Berücksichtigt man, dass nur die central gelegenen Fasern stärkere Zähne besitzen, und dass nicht nur sie, sondern auch die peripherischen Bänder in innigerer Verbindung in der Richtung der

schmalen Seiten stehen, so wird man nicht verkennen können, dass ausser der Zähnelung auch die Anwesenheit der breiteren Kittleisten zu der innigeren Verbindung in der oben bezeichneten Richtung beiträgt. Dieser festere Zusammenhalt thut sich bei Linsen, welche in macerirenden Flüssigkeiten gelegen haben, in der Weise kund, dass die Linsensubstanz in Blätter zerfällt: ein Verhalten, welches schon in Capitel I § 19 Erwähnung gefunden hat.

Der oben erwähnten braunen Streifen, welche zwischen den Randcontouren der Linsenfasern bei der Behandlung mit Silber getroffen werden, gedenkt auch Robinski[1]. Derselbe deutet aber den Befund in anderer Weise als dies oben geschehen ist. Robinski ist der Ansicht, dass die schwarzen Linien, wie sie zwischen den epithelialen Gebilden bei der Behandlung mit Silberlösungen auftreten, nicht durch Färbungen der zwischen den Zellen gelegenen Kittsubstanz zu Stande kommen, sondern dass sie »durch mehr oder minder starke Tingirung von optisch gar nicht verschiedenen Medien« entstehen. Dem entsprechend deutet Robinski die schwarzen Linien zwischen den Linsenfasern nicht als Kittleisten, sondern als die gefärbten peripherischen Abschnitte der Linsenfasern (Membranen).

Ich kann mich dieser Auffassung nicht anschliessen, weil ich über die Bedeutung der Silberzeichnung zwischen den Epithelien und Endothelien durch zahlreiche Untersuchungen zu einer anderen Anschauung gelangt bin. Dieser entsprechend ist auch die Silberzeichnung wie sie an Längs- und Querschnitten von Linsenfasern, welche mit Silberlösungen behandelt wurden, als eine durch Färbung der Kittsubstanz erzeugte gedeutet worden. Die Angabe Sernoff's[2], der eine Silberzeichnung an den Linsenfasern nicht erhalten konnte und deshalb die Existenz einer Kittsubstanz leugnet, weiss ich mit meinen oft wiederholten, niemals misslungenen Versuchen nicht in Einklang zu bringen.

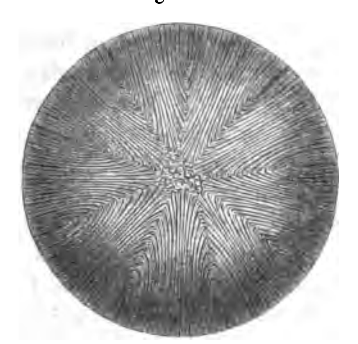
Während über die Existenz der Zähnelung an den Seiten der Linsenbänder keine Meinungsverschiedenheiten bestehen, hat man sich über die Frage nicht einigen können, ob die Zähne in einander greifen oder nicht. Die einen Histologen nehmen an, dass dies nicht oder nur ausnahmsweise statt hat, Andere (Fubini) dagegen wollen an Fasern, die in der Trennung begriffen waren, wahrgenommen haben, dass die Zähne wie bei Transmissionsrädern ineinander greifen. Meiner Ueberzeugung gemäss kommt eine solche gegenseitige Verbindung wohl vor, aber nur ausnahmsweise. In den meisten Fällen sind die Zähne viel zu kurz, um wirklich weiter als in die Kittleiste sich einzusetzen.

§ 5. Verlauf der Linsenfasern. Bei der Beschreibung des Verlaufes der Linsenfasern geht man am besten von den an den Linsenflächen nachweisbaren sternförmigen Zeichnungen aus. Bei dem neugeborenen Kinde findet sich an der vorderen Linsenfläche eine dreistrahlige Figur. Zwei der Strahlen verlaufen nach unten und seitwärts, der dritte ist gerade nach oben gerichtet. Dieselbe Zeichnung trifft man an der hinteren Linsenfläche, nur ist der Verlauf der Strahlen ein anderer in der Weise, dass zwei nach oben gerichtet sind, während der dritte gerade nach unten verläuft. Die eben beschriebenen Strahlen treffen an der vorderen und hinteren Fläche ungefähr an der Stelle des vorderen und hinteren Poles unter Winkeln von circa 120° zusammen. Die Grösse der letzteren schwankt in der Weise, dass der eine Winkel etwas kleiner, der andere dem entsprechend grösser wird. Obgleich die Strahlen den Linsenrand niemals erreichen, kann man doch sagen, dass sie so ziemlich gleich grosse keilförmige Abschnitte begrenzen, die mit der Spitze des Keiles in den Polen zusammentreffen,

1) Robinski, l. c.
2) Sernoff, l. c.

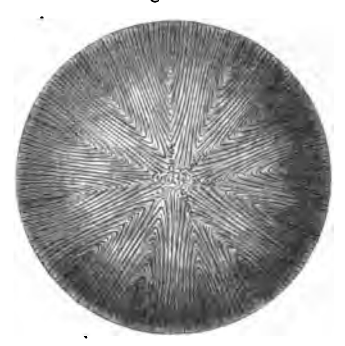
während die Basis gegen den Linsenrand gerichtet ist. Beim Erwachsenen sind diese Figuren insofern complicirter, als die Stellung der Hauptstrahlen zwar dieselbe ist, jeder dieser aber in drei oder mehr Unteräste sich spaltet. Auf diese Weise entsteht an jeder Linsenoberfläche ein mehrstrahliger Stern (cf. Fig. 9 *A* und *B*). Wie aus dem Gesagten hervorgeht entsprechen sich die Hauptstrahlen

Fig. 9 *A*.



Linse des Erwachsenen; vorde Fläche.

Fig. 9 *B*.



Linse des Erwachsenen; hintere Fläche.

der Sterne bezüglich ihres Verlaufes gewöhnlich nicht; nur ausnahmsweise haben dieselben die gleiche Richtung; meistens sind die Hauptstrahlen der inneren Fläche in der Mitte der von den Hauptstrahlen der anderen Fläche begrenzten Abschnitte gelegen (cf. Fig. 9 *C*.); in anderen Fällen ist überhaupt eine regelmässige Anordnung gar nicht nachzuweisen, so dass eine Gesetzmässigkeit bezüglich ihrer gegenseitigen Beziehung nicht zu bestehen scheint.

Fig. 9 *C*.

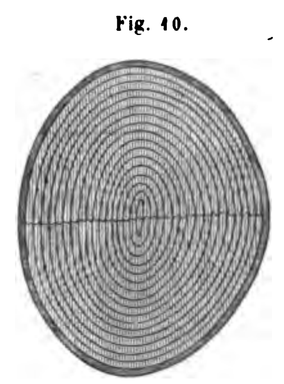


Linse des Neugebornen. Seitenansicht.

Diese an den Linsenoberflächen soeben beschriebenen Sternfiguren setzen sich in der Richtung gegen das Centrum der Linse radienartig fort; jedoch ist zu bemerken, dass auch beim Erwachsenen in der Richtung gegen den Linsenkern die sternförmige Figur sich vereinfacht in der Art, dass sie wie beim Neugeborenen an der Oberfläche den Character einer dreigehörnten Zeichnung annimmt. An frischen Linsen erscheinen diese Strahlen als feine wellige oder gezackt verlaufende Linien (Linsennähte). Bei längerem Liegen werden sie aber breiter und deutlicher; bei Maceration im Wasser, beim Kochen, der Behandlung mit kochendem Alkohol oder Säuren, gestalten sich diese Linien zu mehr oder weniger weiten und tiefen Spalten, welche oft bis zum Linsenkern sich fortsetzen, so dass die Linse in keilförmige Stücke zerfällt, deren Form, Grösse und Lage den früher an den Linsenoberflächen beschriebenen dreieckigen Abschnitten im Allgemeinen entsprechen. Dieselben treffen mit den spitzzulaufenden Seiten in der Linsenaxe zusammen, während die gewölbte Basis am Linsenrand gelegen ist.

Jeder dieser keilförmigen Abschnitte kann dann wieder in der Linsenoberfläche parallel verlaufende Lamellen zerlegt werden: ein Phänomen das bereits in dem letzten Paragraphen erwähnt und aus der dichteren Fügung der Linsenbänder in der Richtung des Linsenrandes erklärt wurde. Betont sei hier nur noch, dass dieser lamellöse Bau der Linse auch an meridionalen Durchschnitten nachweisbar ist (cf. Fig. 10).

Fig. 10.



Lamellen der Linse.

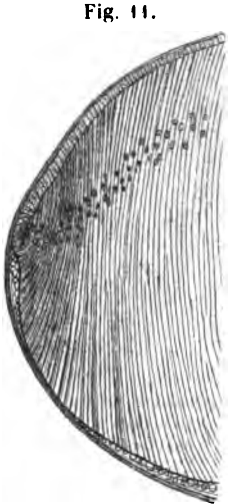
Bezüglich des Verlaufes der Linsenfasern und deren Verhalten an der Stelle der eben beschriebenen Sternstrahlen ist zunächst hervorzuheben, dass die Fasern in der Richtung der Meridiane in S-förmigen Bögen von der hinteren nach der vorderen Fläche ziehen, um mehr oder weniger nahe dem Linsenpole in den Nähten zu enden. Die Bogen werden um so weiter, je ferner die Fasersysteme der Axe liegen. Die Stellen, an denen die Fasern in den Sternstrahlen an der vorderen und hinteren Fläche auslaufen, entsprechen sich nur in jenen seltenen Fällen, in denen die drei Hauptstrahlen der hinteren mit denen der vorderen Fläche die gleiche Richtung haben. Sind dagegen die Hauptstrahlen der einen Fläche in der Mitte der von den zwei Hauptstrahlen der anderen Fläche begrenzten Winkel gelegen, wie dies so häufig der Fall ist (cf. Fig. 9 *C*), so verlaufen die von den peripherischen Enden der an der einen Fläche gelegenen Strahlen ausgehenden Fasern zu den centralen Theilen der an der entgegengesetzten Fläche zwischen zwei Strahlen gelegenen Abschnitte, während die von den Enden dieser abgehenden Fasern gegen die centralen Puncte der an der entgegengesetzten Fläche gelegenen Abschnitte ziehen. Es setzen sich demnach nur die zwischen den Enden und dem Centrum der Strahlen abtretenden Fasern an correspondirenden Stellen der Nähte an (cf. Fig. 9 *C*). Ist die Gesetzmässigkeit zwischen den Sternstrahlen der beiden Flächen eine noch geringere und sind ausser Hauptstrahlen noch Nebenstrahlen vorhanden, wie z. B. beim Erwachsenen, dann findet auch bezüglich des Ansatzes der Fasern an den Nähten ein noch complicirteres Verhalten statt. Es entstehen Abweichungen, deren Einzelheiten aus dem eben entworfenen Schema sich leicht entnehmen lassen, wenn man nur den Grundsatz festhält, dass der Verlauf der Fasern im Allgemeinen ein meridionaler ist und dass die meisten in einer Lamelle gelegenen Fasern dieselbe Länge besitzen. Die Berücksichtigung dieser Thatsachen führt auch zu dem Schluss, dass die Fasern fast niemals von dem hinteren zu dem vorderen Pole verlaufen, sondern dass dieselben, wenn sie von dem hinteren Pole ausgehen, nur eine von dem vorderen Pole mehr oder weniger weit entfernte Stelle erreichen.

Der Ansatz der Fasern an den Nähten ist, wie bereits früher erwähnt wurde, ein wenig verbreitert, ausserdem sind aber dieselben an dieser Stelle etwas umgebogen, indem die in einer Naht von zwei Seiten zusammentreffenden Fasern gegen einander geneigt sind. Durch dieses Verhalten der Fasern entstehen eigenthümliche Figuren, die man wegen ihrer Form als Linsenwirbel bezeichnet. Dieselben verhalten sich entsprechend den Sternstrahlen. Sind nur Hauptstrahlen vorhanden, so findet man nur Hauptwirbel, bei wiederholter Theilung

der Hauptstrahlen in Nebenstrahlen — Nebenwirbel (cf. Fig. 9 *A* und *B*). Die Berührung der Faserenden an den Linsennähten ist bei frischen Linsen eine unmittelbare der Art, dass die Faserenden direct zusammenstossen. Bei nicht frischen Linsen findet man in den Strahlen eine homogene in Form von lichten kernlosen Kugeln angeordnete Masse, die zwischen den Enden der Linsenfasern gelegen ist und wahrscheinlich zum grössten Theil als aus den Fasern ausgetretene Substanz aufgefasst werden muss. Diese Substanz, als *Liquor Morgagni* bezeichnet, wird in grösserer Menge als in den Strahlen an den Linsenpolen getroffen.

Nachdem in den obigen Zeilen der Verlauf der Linsenfasern und deren Verhalten an den Linsensternen im Allgemeinen geschildert wurde, ist zunächst der Abweichungen von dieser Anordnung in den einzelnen Abschnitten der Linse zu gedenken. In dieser Beziehung sei vorerst hervorgehoben, dass der Verlauf der an der Peripherie gelegenen Fasern im äquatorialen Abschnitt ein eigenthümlicher in der Art ist, dass die Convexitäten der Bögen nicht nach aussen, sondern nach innen gerichtet sind. Beim Erwachsenen sind es nur die äussersten Fasersysteme, welche diese eigenthümliche Anordnung darbieten, bei jugendlichen Individuen dagegen sind es mehrere Lamellen, deren Fasern im Aequator dieses Verhalten zeigen. Die Schichte der Fasern, deren Concavität nach aussen gerichtet ist, besitzt eine ziemliche Breite und der Uebergang zu den Lamellen, deren Fasern mit ihrer Convexität nach aussen aufgestellt sind, ist ein ganz allmählicher (cf. Fig. 11).

Fig. 11.



Meridionaler Schnitt durch die Linse eines 6 Cm. langen Rindsembryo.

Es wurde früher hervorgehoben, dass die peripherischen Fasern der Linse deutliche Kerne besitzen, die gewöhnlich in dem hintersten Abschnitt der vorderen Hälfte der Bänder gelegen sind. Berücksichtigt man, dass einerseits die Kerne in den Fasern an entsprechenden Stellen getroffen werden, dass andererseits die Entfernung der Faserenden von den Polen eine ungleiche ist und von der Configuration der Sterne abhängt, so wird man begreifen, dass auch die Kernstellen in ungleichen Abständen vom Aequator gelegen sind. Die Kerne der Fasern, welche nahe dem hinteren Pol abtreten, werden hinter den Aequator zu liegen kommen, während die von den Enden der Sternstrahlen an der hinteren Linsenfläche abgehenden Fasern mit der Kernstelle vor dem Aequator gelegen sein werden. Es würden somit die Kernstellen nur derjenigen Fasern, welche an correspondirenden Stellen der Nähte an der vorderen und hinteren Linsenfläche sich ansetzen, in der Aequatorialebene zu treffen sein. Durch dieses eben erwähnte Verhalten der Kerne der Linsenfasern entsteht eine bogenförmige Zeichnung (cf. Fig. 12). Die Abschnitte des Bogens entsprechen den Kernstellen der Fasern; die Abweichungen desselben von dem Aequator erklären sich aus den ungleichen Abständen der Faserenden von diesem. Man pflegt die Kernzone (Meyer) mit einem an der Peripherie der Linse befestigten Blatte zu vergleichen, das nach innen mit wellenförmigen den Abständen von den Sternstrahlen entsprechenden Linien vorspringt. — Endlich sei noch erwähnt, dass manche Histologen einen

geradlinigen Verlauf der central gelegenen Fasern von dem hinteren zu dem vorderen Pol annehmen.

Berücksichtigt man die oben geschilderten Eigenthümlichkeiten des Faserverlaufes, so ergibt sich von selbst, dass die Bilder, die man an in verschiedenen Richtungen durch die Linse geführten Schnitten erhält, sehr ungleich ausfallen müssen. Es ist hier nicht unsere Aufgabe, diese Verhältnisse genau zu erörtern, so viel sei aber hervorgehoben, dass nur bei Schnitten, die genau in der Richtung der Meridiane geführt sind, die Fasern im Allgemeinen in der Längsrichtung getroffen werden (cf. Fig. 12). Doch sind auch selbst auf solchen Schnitten schief getroffene Fasern zu finden, weil dieselben in Folge ihres S-förmigen Verlaufes einerseits und des Umgebogenseins der Faserenden andererseits an mehreren Stellen von der meridionalen Richtung abweichen. Bei Schnitten, die nicht in der Ebene der Meridiane gelegen sind, wird man zahlreiche schief- oder querdurchschnittene Fasern finden, mögen die Schnitte über oder unter den Polen, mögen sie in horizontaler oder verticaler Richtung, oder parallel der Aequatorialebene geführt worden sein.

Fig. 12.

Meridionaler Schnitt durch die Linse eines 6 Cm. langen Rindsembryo.

Genauere Angaben über den Faserverlauf verdanken wir Huschke [1], Corda [2], Werneck [3], Bowman [4] u. A. Während Leeuwenhoek [5] die ganze Linse aus einer vielfach gewundenen Faser bestehen liess und Camper [6] einen Uebergang der Fasern der einzelnen Segmente in einander annahm, Pappenheim [7] behauptete, dass jede Faser sechsmal den Aequator schneide und schliesslich in sich selbst zurücklaufe, betonten Werneck [8] und Huschke [9], dass jede Linsenfaser nur einmal den Aequator schneide. Ueber die verschiedenen Formen der Linsensterne finden wir die ersten Angaben bei Werneck, genauere Beschreibung ausserdem bei Fr. Arnold [10], C. Krause [11], Hannover [12], Bowman [13] u. A.

Die früheren Anatomen nahmen an, dass zwischen Linsenkapsel und der Oberfläche der Linse eine zähweiche Masse, der sogenannte *Liquor Morgagni*, sich finde. Dieselbe sollte an der vorderen Linsenfläche in grösserer Menge vorhanden sein als an der hinteren und ausserdem noch die Zwischenräume zwischen den Fasern in den Sternen ausfüllen.

Huschke, Purkinje und Valentin haben gezeigt, dass in derselben lichte glashelle Kugeln enthalten sind, die man als Linsenkugeln bezeichnete und von denen Valentin annahm, dass

1) Huschke, Sömmerring's Anatom., l. c.
2) Corda, l. c.
3) Werneck, Ammon's Arch. f. Ophthalmolog. Bd. IV.
4) Bowman, lectr. on the parts concerned in the operations on the eye. London 1849.
5) Leeuwenhoek, l. c.
6) Camper, Diss. de quibusdam oculi partibus. Lugd. Bat. 1746.
7) Pappenheim, l. c.
8) Werneck, l. c.
9) Huschke, l. c.
10) Fr. Arnold, Handb. d. Anatom., l. c.
11) C. Krause, Handb. d. Anatom., l. c.
12) Hannover, Müller's Arch. 1845.
13) Bowman, l. c.

sie das Bildungsmaterial für die Linse abgeben, während Andere sie mit der Ernährung der Linse in Beziehung brachten. In der neueren Zeit nimmt man an, dass die Linsenkapsel der Linsenoberfläche unmittelbar anliege und dass die Linsenkugeln ausgetretener Inhalt der Linsenfasern seien. Für diese Ansicht spricht einmal der Mangel der Kugeln bei frischen und gut conservirten Linsen, sowie die Wahrnehmung, dass bei beginnender Zersetzung der Linsenfasern der zähweiche Inhalt aus diesen austritt, ausserdem die Uebereinstimmung der Linsenkugeln mit dem Inhalt der Linsenröhren in physikalischer und chemischer Beziehung.

Es würde somit wenigstens für die Linse des Erwachsenen die Existenz eines besonderen mit Flüssigkeit gefüllten Raumes zwischen Linsenkapsel und der Oberfläche der Linse kaum aufrecht zu erhalten sein. Becker[1]), welcher den *Liquor Morgagni* gleichfalls als ausgetretenen Faserinhalt deutet, nimmt an, dass in den Sternen eine homogene wasserklare dickflüssige Substanz sich finde und dass die den Sternen entsprechenden Spalten gleichfalls mit einer solchen gefüllt seien. Diese Spalten sollen durch in ihren Wänden befindliche feine Oeffnungen mit einem System von Canälen in Verbindung stehen, welche zwischen den Linsenfasern sich verbreiten.

Diese interfibrillären mit zähweichem Inhalt gefüllten Gänge stellen nach Becker's Ansicht eine Vorrichtung dar, welche bei den Formveränderungen der Linse eine wichtige Rolle spielt. Nachdem schon Kölliker[2]) hervorgehoben hatte, dass an Linsen mit gut erhaltenen Fasern diese Gänge nicht vorhanden seien, erklärte Hensen[3]) dieselben auf das Bestimmteste für Kunstproducte: eine Auffassung der Sernoff[4]) und Babuchin[5]) sich anschlossen, da sie gleichfalls an gut erhaltenen Präparaten weder zwischen den Nähten noch den Fasersystemen mit lichter Substanz gefüllte Gänge nachzuweisen im Stande waren. Nach den Resultaten eigener Beobachtungen muss ich mich der Ansicht der letztgenannten Forscher anschliessen.

Einen besonderen Werth möchte ich darauf legen, dass ich an Durchschnitten von gefrorenen Linsen niemals die von Becker beschriebenen Gänge nachweisen konnte. Dagegen habe ich sie an in Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Objecten wiederholt gefunden; sie waren aber so unbeständig bezüglich Form, Grösse etc., dass ich schon aus diesem Grunde sie nicht für präformirte Gebilde halten kann. Bemerkenswerth ist ferner, dass solche Gänge bei embryonalen Linsen in den früheren Perioden niemals vorhanden sind, dass sie vielmehr erst dann zur Wahrnehmung gelangen, wenn der Linsenkern in Folge seiner grösseren Dichtigkeit gegen Reagentien in anderer Weise sich verhält, als die weichen peripherischen Lagen.

Thomas[6]) hat an Schliffen von getrockneten Linsen ein System von Curven beschrieben. Czermak[7]) führte dieselben auf den Verlauf von Linsenfasern zurück und suchte darzuthun, dass die in der Richtung der Meridiane verlaufenden und in Folge dieser Anordnung eine Kugel zusammensetzenden Fasern gegen eine senkrecht auf die Aequatorialebene, parallel zu dieser Kugel geführten planen Schnittfläche so gestellt sein werden, dass ihre Durchschnitte in mehrfachen sich interferirenden concentrischen Curvensystemen angeordnet sein müssen.

Es wurde oben angeführt, dass alle Fasern in den Sternen enden. Nach der Ansicht einiger Histologen (Henle[8])) sollen aber manche Fasern spitz zulaufend aufhören, ohne einen Stern zu erreichen. Es wird eine solche Endigungsweise daraus erschlossen, dass man zuweilen zwischen gleich grossen Prismen auf dem Querschnitt einzelne kleinere findet. Die Richtigkeit dieser Beobachtung kann ich bestätigen; ob man aber berechtigt ist, aus derselben den oben erwähnten Schluss zu ziehen, dünkt mir zweifelhaft. Es wurde oben erwähnt, dass

1) Becker, l. c.
2) Kölliker, Histologie.
3) Hensen, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XV.
4) Sernoff, l. c.
5) Babuchin, l. c.
6) Thomas, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. VII. 1851.
7) Czermak, Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. VII. 1856.
8) Henle, Handb. d. Anatomie. 1866.

der Inhalt der Fasern häufig ungleichmässig gerinnt und dass durch diesen Vorgang an einzelnen Stellen Auftreibungen der Fasern entstehen, während diese an anderen Stellen sich verschmälern. In Anbetracht dieses Verhaltens der Fasern wird man nicht berechtigt sein, aus dem geringeren Durchmesser derselben auf dem Querschnitt zu schliessen, dass sich dieselben in ihrem weiteren Verlauf verjüngen und spitz zulaufend endigen.

Nachdem schon HARTING[1], BOWMAN[2] und A. die Kerne der Linsenfasern beschrieben hatten, wurde deren Bedeutung durch MEYER[3] dargethan. Derselbe wies nicht nur nach, dass sie in der Form der oben beschriebenen Kernzone angeordnet sind, sondern er erörterte auch deren Bedeutung für die Lehre von der Entwicklung der Linsenfasern. Die Angaben MEYER's wurden von zahlreichen Beobachtern bestätigt; insbesondere hat BECKER das Verhalten der Fasern an der Kernzone zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht.

§ 6. Chemische Bestandtheile der Linsenfasern. Der Körper der Linse enthält etwa 60 pc. Wasser, 35 pc. lösliche und 2,5 pc. unlösliche Eiweissstoffe, 2 pc. Fett mit Spuren von Cholestearin und 0,5 pc. Asche. Den früher beschriebenen Differenzen in der Textur der centralen und peripherischen Abschnitte entspricht auch eine Verschiedenheit des specifischen Gewichtes, das im Kerne grösser (1,194) als in den letztgenannten Theilen ist, deren spec. Gewicht nach den Untersuchungen von CHENEVIX[4] nur gleich 1,076 sein soll. Die grösste Menge der oben angeführten Eiweisskörper kommt auf Rechnung des Globulins. — Die Trübungen der Linsen sind nach den Untersuchungen KÜHNE's nicht auf eine Gerinnung des Inhaltes der Linsenfasern, sondern auf ungleichmässige Veränderungen in der Concentration des Inhaltes, die durch neue, nach dem Tode eintretende Diffusionsverhältnisse sich ergeben können, zurückzuführen. Wie KUNDE[5] nachgewiesen hat, kann man künstlich Linsentrübungen durch Wasserentziehungen zu Stande bringen. Sie beruhen auf einer Vacuolenbildung und verschwinden wieder durch Wasserzufuhr, anfänglich selbst durch Einlegen der ausgeschnittenen Linse in Wasser (KÜHNE[6]).

BERZELIUS[7] erhielt in der menschlichen Linse in 100 Theilen: Wasser 58,0, Proteinkörper 35,9, Wände der Linsenfasern als Filtrirrückstand 2,4, Extractivstoffe 3,7. Der Fettgehalt der menschlichen Linse wird von HUSSON[8] zu 2,06 pc. angegeben, darunter findet sich nach den Untersuchungen von LOHMEYER[9] auch Cholestearin; bei Thieren soll der Fettgehalt nach SIMON[10], R. WAGNER[11] und HUSSON geringer sein.

Dass im Wesentlichen Mischungsverhältnisse, welche sich auf eine Veränderung in der Concentration beziehen, die Trübungen der Linse erzeugen, geht auch daraus hervor, dass eine solche regelmässig eintritt, wenn man Dampf in Form eines dünnen Strahles auf das Auge einwirken lässt, wie man dies zum Zweck der Ablösung des Epithels von der vorderen Hornhautfläche zu üben pflegt. Bei selbst nur sehr kurzer Einwirkung entstehen unter sol-

---

1) HARTING, l. c.
2) BOWMAN, l. c.
3) MEYER, l. c.
4) CHENEVIX, l. c.
5) KUNDE, l. c.
6) KÜHNE, physiol. Chemie. S. 404.
7) BERZELIUS, l. c.
8) HUSSON, Nachr. d. wissensch. Gesellsch. zu Göttingen. 1853.
9) LOHMEYER, l. c.
10) SIMON, l. c.
11) WAGNER, l. c.

chen Verhältnissen mehr oder weniger intensive Trübungen der Linse, während die Hornhaut nach Ablösung des getrübten Epithels klar und durchscheinend ist und auch bei der mikroscopischen Untersuchung keine gröberen Veränderungen darbietet[1]).

§ 7. *Zonula ciliaris.* Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten die Structur der Formelemente der Linse besprochen worden ist, haben wir uns in den nachfolgenden Zeilen mit dem Bau desjenigen Gebildes zu beschäftigen, durch welches die Linse wesentlich in ihrer Lage erhalten wird, der *Zonula ciliaris*, dem Strahlenplättchen. Dasselbe erscheint von der Fläche betrachtet nach Ablösung der *Processus ciliares* und der Entfernung des Pigmentes dieser als eine lichte durchscheinende Membran, welche mit einem gezähnelten Rande (*Ora serrata*) beginnt und bis zu der vorderen Linsenkapsel, mit der sie in einiger Entfernung vom Aequator verwächst, sich erstreckt. Man unterscheidet an dieser Membran einen nicht gefalteten und einen gefalteten Abschnitt. Der erstere beginnt an der *Ora serrata* und reicht bis zu der Stelle, wo die *Processus ciliares* sich erheben, der letztere überzieht diese an ihrer hinteren Fläche bis zu ihrer Spitze, erstreckt sich aber ausserdem zur vorderen Linsenkapsel, um mit dieser zu verschmelzen. Der glatte sowohl als der gefaltete Theil stehen mit der *Pars ciliaris retinae* in inniger Verbindung, nur der von den Spitzen der Ciliarfortsätze zu der vorderen Linsenkapsel sich erstreckende Abschnitt ist vollkommen frei. An durch das Auge in meridionaler Richtung geführten Schnitten findet man den Linsenrand von einer dreieckigen Figur umgeben, deren Spitze nach aussen, deren Seiten nach vorne und hinten gerichtet sind, während die Basis des Dreieckes am Linsenrand gelegen ist. Die vordere Seite des Dreieckes wird durch den freien Theil der *Zonula ciliaris* begrenzt; nach hinten liegt der Glaskörper, nach aussen die von dem gefalteten Theil der ersteren überzogenen *Processus ciliares*. Während zunächst dem freien Theil der *Zonula ciliaris* ziemlich dichte Geflechte von feinen Fäden getroffen werden, sind diese in den mittleren Abschnitten der dreieckigen Figur seltener und durch den hinteren Theil verlaufen nur einzelne Fäden, die nach hinten in den Glaskörper sich verlieren. An der letztgenannten Stelle findet sich ein Raum, der nach hinten vom Glaskörper, nach vorn von den Fasern der Zonula, nach innen von der Linse, nach aussen von den mit dem gefalteten Theil der Zonula bekleideten *Processus ciliares* begrenzt wird.

Die Frage über die Beziehung der *Zonula ciliaris* zu dem Glaskörper einerseits der Retina andererseits, die noch heutigen Tages nicht zu einem sicheren Abschluss gekommen ist, war schon seit lange die Veranlassung zu vielfachen Controversen. Ich will aus diesen nur hervorheben, dass schon WINSLOW[2]) annahm, die Haut des Glaskörpers bestehe aus zwei Lamellen, welche hinten verschmolzen seien, nach vorne aber sich trennen und mit der vorderen und hinteren Linsenfläche verschmelzen. Dieser Ansicht wurde von Anderen: MAITREJEAN[3]), ST. YVES[4]), BONHOMME[5]), CASSEBOHM[6]) und PETIT[7]), welche die Glaskörperhaut als einfache

---

[1]) Bezüglich der chem. Zusammensetzung der Linse vergl. man ausser den citirten Arbeiten SCHLOSSBERGER's Gewebechemie und die Histologie FREY's.
[2]) WINSLOW, Expos. anat., tr. de la tête.
[3]) MAITREJEAN, Trait. des maladies de l'oeil.
[4]) ST. YVES, Trait. des maladies des yeux.
[5]) BONHOMME, Cephalotomie.
[6]) CASSEBOHM, Method. sec.
[7]) PETIT, Mém. de l'Acad. 1726.

bezeichnen und dieselbe vorne in zwei Lamellen sich spalten lassen, widersprochen. Ferrein, Pallucci und Salomon hielten das Strahlenplättchen für eine Fortsetzung der Retina. Zinn[1], der diese Frage ausführlich erörtert, ist der Ansicht, dass aus der zarten Haut des Glaskörpers eine Membran entspringe, da eine Zusammensetzung der ersteren aus zwei Lamellen nicht nachweisbar sei. Dieser Auffassung sind Rudolphi, Döllinger, Hesselbach, Weber u. A. entgegengetreten; von ihnen wird das Strahlenplättchen für eine selbstständige Membran angesehen. Es sind somit in der älteren Literatur[2]) die verschiedensten Anschauungen über diese Frage verzeichnet, indem Einige das Strahlenplättchen für einen Theil des Glaskörpers, Andere für ein selbstständiges Gebilde, wieder Andere für einen Theil der Retina hielten. In einer späteren Zeit hatte man sich im Allgemeinen dahin geeinigt, dass die Hyaloidea an der *Ora serrata* eine einfache Membran darstelle, die im weiteren Verlauf in zwei Lamellen sich theile, welche mit der vorderen und hinteren Linsenkapsel verschmelzen. Dieser Auffassung ist dann zuerst Henle entgegengetreten. Derselbe stellt die Existenz einer besonderen Grenzmembran des Glaskörpers in Abrede und nimmt an, dass die Grenzmembran, *Membrana limitans hyaloidea*, zwar dem Glaskörper und der Retina gemeinschaftlich, im Wesentlichen aber ein Bestandtheil der letzteren sei. Aus einer solchen Beziehung der *Limitans hyaloidea* zu der Retina einer-, dem Glaskörper andererseits würde sich ergeben, dass die *Zonula ciliaris* eigentlich nur eine Fortsetzung der *Limitans interna retinae* ist. Während Schwalbe[3]) im Wesentlichen die ältere Anschauung vertritt, schliessen Iwanoff[4]) und Merkel[5]) mehr der letzteren Auffassung sich an. Die beiden zuletzt genannten Forscher stimmen aber insofern nicht ganz überein, als der Letztere die Fasern der Zonula von der Limitans, der Erstere sie vom Glaskörper entspringen lässt. Lieberkühn[6]) endlich leugnet zwar gleichfalls die Existenz zweier Membranen, betont aber die Zugehörigkeit der Zonula zu dem Glaskörper. Eine Entscheidung dieser Frage, wie sie der Zeit steht, ist meines Erachtens nur von der Entwickelungsgeschichte zu erwarten. Ich erlaube mir deshalb, an dieser Stelle späteren Erörterungen vorgreifend zu betonen, dass die Linse beim Embryo in den früheren Perioden nach allen Richtungen von einem lichten Gewebe umgeben wird, in das sie gleichsam eingebettet erscheint. Dasselbe ist ein Product des mittleren Keimblattes. Der hinter der Linse gelegene Theil wird gleichzeitig mit dieser eingestülpt, der vor derselben gelegene Abschnitt entsteht durch eine Vereinigung der Ausläufer des mittleren Keimblattes. Nach den Seiten geht diese Gewebsmasse in diejenigen Lagen des mittleren Keimblattes über, aus denen sich Choroidea, *Processus ciliares* und *Iris* hervorbilden. Aus dieser die Linse in ihrer ganzen Circumferenz umhüllenden Gewebsschichte wird zunächst die Linsenkapsel. Der hinter der Linse gelegene Theil gestaltet sich zum Glaskörper, der vor derselben befindliche zur *Membrana capsulo-pupillaris*, die am Linsenrand gelegenen Abschnitte aber werden zu der Bildung der *Zonula ciliaris* verwendet. Zu gewissen Zeiten hängen alle diese Theile continuirlich unter einander und mit den Fortsätzen des mittleren Keimblattes zusammen. Eine innigere Verbindung besteht weder zwischen Glaskörper und Retina, noch zwischen *Zonula Zinnii* und dem Ciliartheil dieser. In späteren Zeiten tritt aber zunächst an der letztgenannten Stelle eine innigere Verbindung ein. Es würde sich aus dem Gesagten ergeben, dass die Begrenzungshaut des Glaskörpers sowie die der späteren Zonula entsprechenden Abschnitte dieses vollständig unabhängig von der Retina sich entwickeln, dass wir also nicht berechtigt sind von einer *Limitans hyaloidea* in dem Sinne Henle's zu sprechen. Die Berücksichtigung der eben hervorgehobenen embryologischen Gesichtspuncte würde aber ferner zu dem Ergebniss führen, dass die *Zonula ciliaris* nichts anderes als ein eigenartig angeordneter und gebauter Theil des Glaskörpers

---

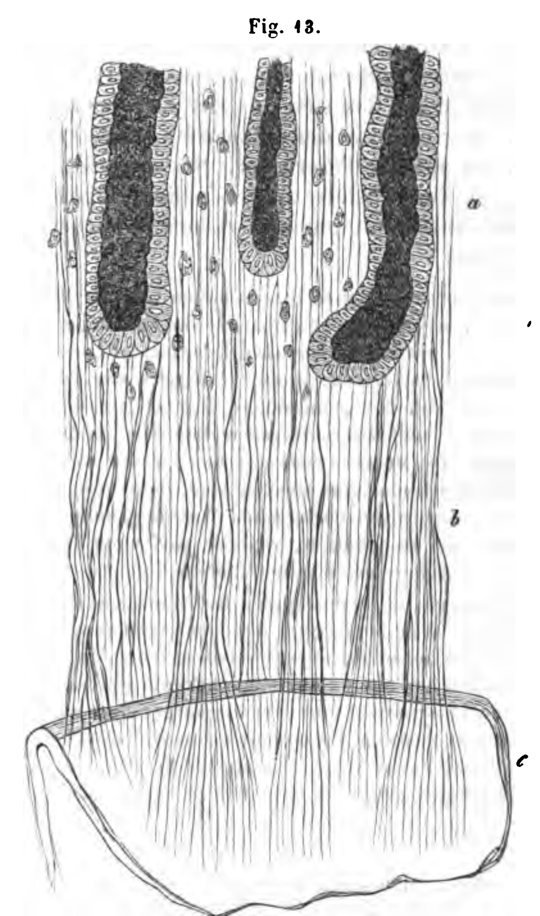
1) Zinn, Descr. anat. oculi humani.
2) Bezüglich derselben vergl. Fr. Arnold, Untersuch. über das Auge. 1832.
3) Schwalbe, De Canali Petiti etc. Halle 1872.
4) Iwanoff, Arch. für Ophthalm. Bd. XV. 1869 und Stricker's Histol. Bd. II.
5) Merkel, Die Zonula ciliaris, Habilitationsschr. Götting. 1872.
6) Lieberkühn, Ueber das Auge des Wirbelthierembryo. 1872.

ist: eine Auffassung die meines Erachtens das Verständniss des makroscopischen und mikroscopischen Verhaltens der *Zonula ciliaris* wesentlich erleichtert.

Während alle früheren Autoren die Existenz eines *Canalis Petiti* anerkennen, hat MERKEL[1]) denselben in Abrede gestellt. Er fasst denselben als einen durch Zerfall der Elemente der Zonula entstandenen Raum auf und hält diese Anschauung auch den Untersuchungen SCHWALBE's[2]) gegenüber, der denselben durch Injectionen zur Anschauung gebracht hatte, aufrecht. Nach den eben mitgetheilten embryologischen Thatsachen müssen wir die *Zonula ciliaris* als einen Theil des Glaskörpers betrachten, der ursprünglich solide ist. Damit ist nicht ausgeschlossen, dass später an dieser Stelle gewisse Erweichungsvorgänge eintreten, die einmal zu der Bildung der in einer sehr weichen oder verflüssigten Intercellularsubstanz eingebetteten Fasern, wie wir sie in den hinteren Abschnitten der Zonula finden, führen können, ausserdem aber auch die Entstehung eines wirklichen Raumes erklären würden, der in diesem Falle allerdings als einfache, mit schleimiger Flüssigkeit gefüllte Gewebslücke aufzufassen wäre.

Das am meisten auffallende Formelement der Zonula sind lichte scharf contourirte Fasern von sehr verschiedenen Durchmessern. Dieselben verhalten sich gegen Reagentien ziemlich indifferent, indem sie auf Zusatz von Kali und Essigsäure nur lichter werden ohne aufzuquellen oder zu verschwinden (cf. Fig. 13). An den Fasern werden von verschiedenen Beobachtern Querstreifen beschrieben. Diese Fasern sind durch eine lichte und wie es scheint sehr leicht zerstörbare Intercellularsubstanz zu mehr oder weniger breiten Bündeln vereinigt. Während diese Intercellularsubstanz in der Richtung gegen den Glaskörper spärlicher wird, so dass die Fasern und Faserbündel mehr frei werden, nimmt sie nach vorn zu und stellt so ein mehr membranöses Gebilde dar. Ausserdem finden sich in der Zonula Zellen, welche haupt-

Fig. 13.



Zonula ciliaris. Flächenansicht. Von den abgelösten Processus ciliares ist das Pigment an dem nicht gefalteten Theil der Zonula (*a*) haften geblieben; die Fasern des gefalteten Theiles (*b*) verlaufen zu dem Rand der Linse und inseriren sich an der vorderen und hinteren Linsenkapsel (*c*).

1) MERKEL, l. c.
2) SCHWALBE, l. c.

sächlich in der Gegend des *Orbiculus ciliaris* besonders zahlreich sein sollen. Es sind Gebilde, welche aus einer feinkörnigen Masse bestehen, Kerne enthalten und zuweilen nicht scharf begrenzt sind. In anderen Fällen sind sie deutlich contourirt, besitzen dann meistens eine mehr kuglige Form und ein mehr hyalines Aussehen.

Was den Ursprung und Verlauf der Zonulafasern betrifft, so sind dieselben schon hinter der *Ora serrata* nachweisbar, nehmen aber nach vorn von dieser beträchtlich an Zahl zu. An der erst genannten Stelle sind sie feiner, werden nach vorn bis zu den Enden der Ciliarfortsätze stärker; gleichzeitig nehmen sie eine mehr bündelweise Anordnung an und erreichen insbesondere in den Einschnitten zwischen den Ciliarfortsätzen eine stärkere Entwicklung. Die Richtung ihres Verlaufes ist eine verschiedene. Die einen ziehen gerade nach vorn gegen die Spitzen der Ciliarfortsätze, indem sie zu grösseren Bündeln, manchmal zu homogenen Strängen sich gestalten. Andere biegen nach innen um, verlaufen zu der vorderen und hinteren Linsenkapsel, sowie zu dem Glaskörper (cf. Fig. 13), ein Verhalten, das sich aus der Entwicklungsweise der Zonulafasern aus dem Glaskörper selbst in der einfachsten Weise erklärt. Ausserdem kommen noch circulär verlaufende Fasern vor. Sie entspringen mit den übrigen an den Firsten und aus den Thälern zwischen den Ciliarfortsätzen, verlaufen zuerst gerade, biegen aber dann um und ziehen in mehr querer Richtung über die Ciliarfortsätze weg.

Die morphologischen Eigenschaften und der Verlauf der Fasern, welche in ihren allgemeinen Characteren schon den älteren Anatomen bekannt waren, wurden neuerdings von Henle [1], E. Schulze [2], Schwalbe [3], Merkel [4], Lieberkühn [5] u. A. genauer beschrieben. Schon von Camper, Döllinger, Home und Retzius war die Querstreifung der Zonulafasern gesehen und diese deshalb für musculöse Gebilde gehalten worden. Auch Nuhn [6] und neuerdings Finkbeiner [7] und Heiberg [8] gaben dieselben für Muskelfasern aus. Die neueren Beobachter F. E. Schulze, Merkel, Schwalbe und Lieberkühn stimmen alle darin überein, dass die quergestreiften Gebilde keine Muskeln sind, dass diese vielmehr in ihrem Verhalten mit den übrigen Zonulafasern gleichartig sind. Was diese selbst betrifft, so ist ihr Character der Zeit noch nicht genauer zu definiren, weil sie weder mit dem elastischen Gewebe noch mit gewöhnlichen Bindegewebsfasern genau übereinstimmen.

Bezüglich des Verhältnisses der Zonula und ihrer Fasern zu der Linsenkapsel und dem Glaskörper ist zu bemerken, dass die Verbindung der ersteren mit der vorderen Linsenkapsel und die Beziehung dieser Verschmelzung zu der Dickenzunahme der Kapsel an dieser Stelle schon den älteren Anatomen bekannt war. Ueber das Verhalten der Zonulafasern zu der hinteren Linsenkapsel und dem Glaskörper sind wir erst durch die Untersuchungen Henle's, Schwalbe's, Merkel's, Lieberkühn's genauer belehrt worden. Die oben erwähnten genetischen Verhältnisse dieser Theile sind meines Erachtens geeignet, auch über diese gegenseitigen Beziehungen der genannten Gebilde eine klarere Auffassung zu ermöglichen.

---

1) Henle, Handbuch der Anatomie, l. c.
2) E. Schulze, Archiv für mikrosc. Anat. Bd. III.
3) Schwalbe, l. c.
4) Merkel, l. c.
5) Lieberkühn, l. c.
6) Nuhn, Bericht der naturf. Versamml. 1859.
7) Finkbeiner, l. c.
8) Heiberg, Archiv für Ophthalmologie. Bd. XI.

§ 8. Entwicklung der Linse[1]). In den vorhergehenden Paragraphen ist wiederholt darauf hingewiesen worden, dass nur bei Berücksichtigung der Vorgänge der Genese der Linse eine klare und sichere Anschauung über deren Structur gewonnen werden könne. Es bedarf somit an dieser Stelle keiner besonderen Rechtfertigung, wenn in den nachfolgenden Zeilen eine kurze Darstellung der Entwicklung der Linse gegeben wird. Dieselbe enthält das Resultat der Untersuchung zahlreicher Rindsembryonen verschiedensten Alters und soll sich nicht nur auf die Entwicklung der Linse selbst, sondern auch auf diejenige der Linsenkapsel, der *Zonula ciliaris* und der *Membrana capsulo-pupillaris* erstrecken.

Die eigentliche Linsensubstanz entsteht durch eine Verdickung des oberen Keimblattes an der Stelle, wo dieses über die primäre Augenblase wegzieht (cf. Fig. 14). Nach den bisherigen Beobachtungen wird die Linse aus dieser Verdickung bei verschiedenen Thieren nicht nach gleichem Modus: beim Hühnchen ist dieselbe eine scheibenförmige auf das ganze Hornblatt als solches sich erstreckende und stellt sich dann als eine hohle Einstülpung dieses dar, welche die vordere Wand der primären Augenblase nach hinten in demselben Maasse umstülpt, als sie selbst nach innen vorrückt. Bei der Betrachtung mit der Loupe nimmt man an der Stelle der Einstülpung eine grubenförmige Vertiefung wahr, durch welche die Linsenblase sich nach aussen eröffnen soll. Beim Frosch und der Forelle soll nur die innere Schichte des oberen Keimblattes sich betheiligen und durch Auseinanderweichen der beiden Lagen ein blasiges Gebilde entstehen, das nach aussen durch die äussere Schicht des Hornblattes abgeschlossen werde, während aus der verdickten und eingestülpten inneren Lage das Bildungsmaterial für die Linse hervorgehe. Bei der Unke und dem Rind entsteht die Linse aus einer soliden Wucherung der inneren Lage des oberen Keimblattes, welche erst durch eine Einschmelzung der central gelegenen Zellen zur Blase sich gestaltet (cf. Fig. 15).

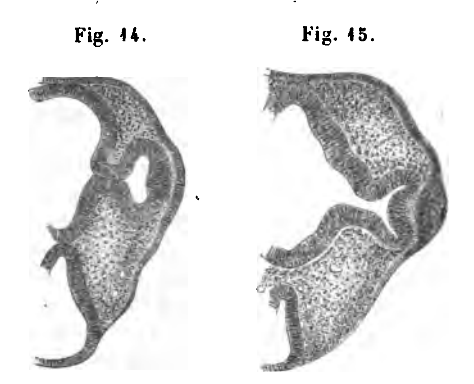


Fig. 14. 7 Mm. langer Rindsembryo. Fig. 15. 9 Mm. langer Rindsembryo.

Huschke[2]) entdeckte zuerst, dass bei der Bildung der Linse eine Einstülpung des »äusseren Hautsystemes« eine Rolle spielt und zwar glaubte er, dass aus dem eingestülpten Theil zunächst die Linsenkapsel werde, innerhalb welcher durch weitere Differenzirung die Formelemente der Linse gebildet werden sollen. Während Bischoff[3]), Gray[4]), Ammon[5]) und

[1]) Eine ausführliche Mittheilung meiner Befunde über die Entwicklung des Auges und eine Erläuterung derselben durch zahlreiche Abbildungen behalte ich mir an einer anderen Stelle vor.

[2]) Huschke, Meckel's Arch. 1832.

[3]) Bischoff, l. c.

[4]) Gray, Philosoph. Transact. 1850.

[5]) Ammon, Arch. für Ophthalmologie. Bd. III. 1832.

Schoeler[1]) diesen Vorgang der Einstülpung nicht zu bestätigen vermochten, berichtet Vogt[2]), dass die Linse aus den Epidermiszellen der Linsengrube sich entwickele. Durch die Untersuchungen Remak's[3]) sind wir mit den Einzelheiten der Vorgänge bei der Einstülpung vom oberen Keimblatt aus bekannt geworden. Er wies nach, dass dieselbe beim Hühnchen durch die Einstülpung des ganzen Hornblattes in Form einer Blase geschieht, während er bei den Batrachiern die Linse nur durch eine Betheiligung der inneren Schichte entstehen lässt. Spätere Beobachter haben Remak's Mittheilungen im Wesentlichen bestätigt, so Kölliker[4]), His[5]), Babuchin[6]), Kessler[7]), Lieberkühn,[8]) u. A. Die meisten dieser Untersuchungen beziehen sich aber auf die Linsenentwicklung beim Hühnchen, nur bei Kessler finde ich eine Angabe über die Entwicklung der Linse bei der Maus. Dieser zufolge soll die Entstehung der ersten Linsenanlage bei derselben die gleiche sein, wie beim Hühnchen. Barkan[9]) fand bei Fröschen, dass, wie Remak dies angegeben hatte, die Linsenblase zwischen den beiden Schichten des oberen Keimblattes entsteht: ein Entwicklungsmodus, den Schenk[10]) auch bei Forellen wahrgenommen hat. Goette[11]) lässt bei der Unke die Linse durch eine solide Wucherung der inneren Schichte des oberen Keimblattes entstehen. Alle neueren Beobachter nehmen somit an, dass bei der Linsenentwicklung eine Einstülpung des Hornblattes eine Rolle spiele. Die Ansichten gehen nur darin auseinander, dass man diese bald als in toto blasig eingestülptes oberes Keimblatt, bald als blasig eingestülpte innere Schichte dieses, bald als Product einer soliden Wucherung dieser betrachtet.

Bei 6—8 Mm. langen Rindsembryonen fand ich die Linse noch im Zusammenhang mit dem oberen Keimblatt. Sie stellte sich als eine rundliche durchaus aus Zellen aufgebaute solide Masse dar. An dem bezeichneten Abschnitt des Keimblattes selbst konnte man drei Lagen unterscheiden, eine äussere, welche sich an der Entstehung der Verdickung nicht betheiligte, eine innere nach innen vorspringende, die aus länglichen Zellen bestand und eine mittlere aus kugligen kernhaltigen lichten Körpern zusammengesetzte (cf. Fig. 14). Es scheinen somit vorwiegend die inneren Lagen des oberen Keimblattes bei der Entwicklung der Linse sich zu betheiligen. Ich bin weit davon entfernt diese Befunde in dem Sinne zu verallgemeinern, dass ich diesen Modus der Linsenentwicklung auch für andere Thiergattungen anzunehmen geneigt wäre. Die übereinstimmenden Angaben über die Entwicklung der Hühnerlinse in Form einer hohlen aus dem ganzen oberen Keimblatt bestehenden Einstülpung lassen eine solche Verallgemeinerung als ungerechtfertigt erscheinen. Nur darauf möchte ich hingewiesen haben, dass nach den Untersuchungen Remak's, Barkan's, Schenk's, und Goette's bei anderen Thieren von dem eben ewähnten Modus abweichende Typen der Linsenentwicklung vorkommen, die mit den oben geschilderten in Einklang zu bringen sind.

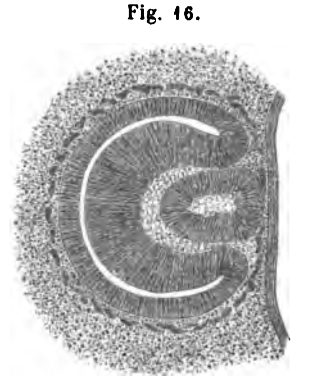
Die durch Einstülpung vom oberen Keimblatt aus entstandene Anlage der Linse erfährt zunächst weitere Veränderungen. Dieselben beziehen sich einmal auf die Beschaffenheit der Zellen und zweitens auf die Lage der Linse. Während dieselbe ursprünglich mit dem oberen Keimblatt in continuirlicher Verbindung steht, schnürt sie sich später von demselben ab und rückt nach innen. In demselben Maasse, als sie in dieser Richtung vordringt, wird die vordere Wand der

---

1) Schoeler, De oculi evolut. Dorpat 1848.
2) Vogt, Embryolog. d. Salmones. 1842.
3) Remak, Entwicklung. 1855.
4) Kölliker, Entwicklungsgesch. 1858.
5) His, Entwicklung des Wirbelthiereies. 1868.
6) Babuchin, Würzb. naturw. Zeitschr. 1863.
7) Kessler, Entw. des Auges. Dorp. Diss. 1871.
8) Lieberkühn, l. c.
9) Barkan, Wiener akad. Sitzungsber. Bd. LV. 1866.
10) Schenk, Daselbst. Bd. LX. 1867.
11) Goette, Arch. für mikrosc. Anat. Bd. IX. 1873.

primären Augenblase umgestülpt und die Linse kommt so in den von den beiden Blättern der Augenblase gebildeten und begrenzten becherförmigen Raum zu liegen (cf. Fig. 16). Bezüglich des Verhaltens des mittleren Keimblattes, will ich hier nur erwähnen, dass der zwischen Hornblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase gelegene allerdings schmale Abschnitt desselben mit der Linse nach hinten in den becherförmigen Raum mit eingestülpt wird, dass aber ferner in demselben Maasse, wie die Linse nach innen rückt, die zu den Seiten dieser gelegenen Theile des mittleren Keimblattes Fortsätze aussenden, welche vor der Linse zu einer continuirlichen Lage sich vereinen. Es ist somit die Linse nach ihrer vollendeten Abschnürung von dem Hornblatt in ihrer ganzen Circumferenz von einem Gewebe eingehüllt, das als Abkömmling des mittleren Keimblattes, mit dem es auch nach den Seiten continuirlich zusammenhängt, aufgefasst werden muss (cf. Fig. 16).

Fig. 16.



12 Mm. langer Rindsembryo.

Was die Veränderungen der Zellen der Linse unmittelbar nach ihrer Einstülpung betrifft, so sind die zunächst erfolgenden die, dass die central gelegenen Zellen lichter, ihre Kerne undeutlicher werden, dass sie zerfallen, während die peripherischen länglicher werden und mit ihren Längsdurchmessern senkrecht zur Oberfläche des kugligen Gebildes sich aufstellen. Diese eben erwähnten Metamorphosen in dem Centrum schreiten weiter der Art fort, dass die Linse später als eine kuglige Blase erscheint, deren Wand aus radiär aufgestellten länglichen Zellen besteht, während im Centrum ein lichter Raum sich findet, der kuglige, zum Theil noch kernhaltige Gebilde einschliesst.

Ursprünglich sind die Wände der Linsenblase gleich dick, später aber tritt eine Differenz in der Dicke der Zellenschichte in den einzelnen Abschnitten der Art ein, dass dieselbe an der hinteren beträchtlich zunimmt. Die Linse erscheint in diesem Stadium zwar noch als kuglige Blase; ihre hintere Wand ist aber dicker und es springt die an dieser aufgestellte Zellenschichte mit nach vorn gewölbtem Rand in die Höhle der Blase vor. Die an der letztgenannten Stelle befindlichen Zellen sind länger, als die an den Seiten und vorne gelegenen. Sämmtliche Gebilde besitzen einen deutlichen Kern und eine feinkörnige Grundsubstanz.

Die weiteren Metamorphosen beziehen sich auf die fortschreitende Einschmelzung der central gelegenen Zellen einerseits und das Wachsthum der an der hinteren Wand befindlichen andererseits. Bezüglich der erst genannten Vorgänge ist hervorzuheben, dass die Kerne der Zellen immer undeutlicher werden und diese zu lichten, kugligen Gebilden sich umgestalten, welche in der Höhle der Linsenblase gelegen sind. Die Grenze zwischen den wandständigen Zellen und diesen Körpern wird gleichzeitig eine sehr scharfe. Es erscheint deshalb die Linse in diesem Stadium als eine mit lichter Masse gefüllte Blase, deren Wände aus länglichen kernhaltigen Zellen bestehen, deren Dicke insofern eine verschiedene ist, als die Zellen an der hinteren Wand längere Durchmesser besitzen als die an den Seiten und vorne.

Die eben beschriebenen im Centrum der Linsenblase gelegenen Zellen hat RITTER zuerst gesehen. Er deutet dieselben als Bildungszellen, die später zu Linsenfasern werden sollen. Ich kann mich dieser Auffassung nicht anschliessen. Meinen Befunden zufolge müssen sie im Gegentheil als Zellen gedeutet werden, durch deren Einschmelzung die frühere solide Linsenanlage zur Blase wird. Meiner Ansicht nach ist gerade dieser leicht zu constatirende Befund von Zellen im Centrum der Linsenblase geeignet, die oben niedergelegten Angaben über die solide Beschaffenheit der ersten Linsenanlage zu stützen, weil im Falle einer Einstülpung des ganzen Hornblattes als Blase dieser Befund von central gelegenen Zellen schwer verständlich sein würde. Dass diese Zellen nicht zu Linsenfasern werden, ergibt sich einmal aus dem Fortschreiten ihrer Degeneration, ferner aber aus dem ganzen Entwicklungsmodus der Fasern.

Die weiteren Entwicklungsphasen der Linse sind nun im Wesentlichen dadurch characterisirt, dass die an der hinteren Wand gelegenen Zellen durch Auswachsen in der Längenrichtung zu Fasern sich gestalten und zwar je eine Zelle mit ihrem Kerne zu einer kernhaltigen Faser (cf. Fig. 17). Diese zuerst entstandenen Linsenfasern reichen mit ihren hinteren Enden bis zu dem die hintere Wand begrenzenden Contour, die vorderen Enden dieser Fasern aber bilden einen Bogen, dessen Convexität nach vorne gerichtet ist und der je nach der Länge der Fasern mehr oder weniger weit in die Höhle der Linsenblase vorspringt. Da die in der Mitte der hinteren Wand gelegenen Fasern die längsten sind, so ist der am meisten nach vorne vorspringende Abschnitt des Bogens in der Mitte der Linsenblase gelegen. Nach hinten und an den Seiten biegen die Ausläufer des Bogens um und gehen in den inneren Contour der an den Seiten der Linsenblase aufgestellten Zellen über. Untersucht man diese Uebergangstelle, welche in diesen frühen Stadien noch sehr weit nach hinten, d. h. nahe an der hinteren Wand gelegen ist, mit stärkeren Vergrösserungen, so findet man, dass die an den Seiten befindlichen Zellen, welche früher radiär gestellt waren, einen mehr gebogenen Verlauf annehmen, dass sie länglich werden und allmählich in die Fasern übergehen (cf. Fig. 17). Aus der eben beschriebenen Form der Linse in diesen frühen Stadien geht meines Erachtens hervor, dass die ersten Linsenfasern von der hinteren Wand aus angebildet werden und die Entwicklung derselben an dieser Stelle die prävalirende ist. Eine Anbildung von den Seiten aus kann zwar nicht ausgeschlossen werden, sie scheint aber nach der geringen Entfernung der Umbiegungsstelle von der hinteren Wand zu schliessen nur eine geringe zu sein. Ferner ergibt aber die eben dargestellte Entwicklungsweise der Linsenfasern, dass nur je eine Bildungszelle in eine Faser übergeht und dass die aus den Bildungszellen der hinteren Wand hervorgegangenen Fasern mit ihren Enden den äusseren Contour der Wand zusammensetzen, während die vorderen Faserenden in Form eines Bogens in die Blase der Linsenhöhle vorspringen.

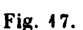
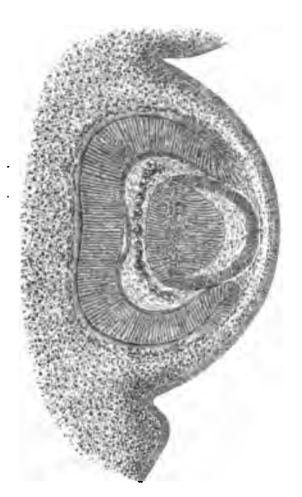


Fig. 17.



18 Mm. langer Rindsembryo.

Die späteren Stadien der Entwicklung der Linse sind characterisirt einmal durch das Längenwachsthum der an der hinteren Wand zuerst entstandenen Fasern in der Richtung nach vorne, zweitens aber durch die nun stärker sich bemerkbar machende Anbildung von den Seiten her. Dem entsprechend findet man den durch die vorderen Enden der erst genannten Fasern erzeugten Bogen der vorderen Linsenwand mehr genähert, die Höhle der Linsenblase in demselben Maasse verkleinert und anders geformt. Ausserdem ist aber die Umbiegungsstelle der Fasern an den Seiten mehr nach vorne gerückt und dem Aequator näher gelegen (cf. Fig. 18). Die in der Mitte der hinteren Wand vorhandenen Fasern verlaufen in fast gerader Richtung von hinten nach vorne, die an den Seiten gelegenen bilden Bögen, deren Concavität nach den Seiten und vorne gerichtet ist. Die Kerne der Fasern beschreiben gleichfalls einen Bogen, dessen Form im Allgemeinen derjenigen gleicht, welche die durch die vorderen Faserenden erzeugte Linie besitzt; nur ist der Bogen etwas weniger stark gekrümmt. An den Seiten geht die Kernzone in die Kerne der Bildungszellen über. Die Form der Linse in diesen Stadien ist eine eigenthümliche in der Weise, dass sie durch eine grössere Breite des hinteren Abschnittes von der Kugelform abweicht.

Fig. 18.

30 Mm. langer Rindsembryo.

Während in den früheren Perioden die Anbildung von der hinteren Wand aus die überwiegende ist, prävalirt später diejenige von den Seiten aus. Daraus erklärt es sich, dass endlich die Umbiegungsstelle die Aequatorialzone erreicht oder nur in geringer Entfernung nach hinten von dieser sich findet. Die in der Mitte gelegenen Fasern setzen aber zugleich ihr Wachsthum nach vorne zu fort und erreichen endlich die an der vorderen Wand aufgestellten Zellen; die Höhle der Linse ist verschwunden oder sie erscheint nur noch als ein schmaler lichter, die vorderen Enden der Linsenfasern von den Zellen der vorderen Wand trennender Streifen. Die Linse wird wieder mehr kuglig oder längsoval. Gleichzeitig treten aber nun wesentliche Differenzen in der Richtung des Faserverlaufes ein. Die in der Mitte gelegenen verlaufen zwar noch im Allgemeinen von hinten nach vorne; ihre Faserenden sind aber in der Richtung gegen die Linsenaxe umgebogen, die hinteren Faserenden von der Kapsel abgerückt. Dagegen beschreiben die an den Seiten gelegenen nach vorn offene Bögen. Die Kernzone ist weiter nach vorne gerückt. Gleichzeitig haben aber die Zellen an der vorderen Wand oder richtiger gesagt nach vorne von dem Aequator eine Veränderung in der Weise erfahren, dass sie eine dünnere Lage bilden und mehr in eine Schicht einrücken, deutli-

chere Contouren bekommen, kurz mehr den Character einer epithelialen Bekleidung annehmen.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle ausführlicher der weiteren Metamorphosen der Zellen an der vorderen Wand in diejenigen des Epithels, der vom Aequator fortschreitenden Anbildung von Linsenfasern, des Verhaltens der Kernzone und der Aenderungen des Faserverlaufes zu gedenken. Nur auf einen Punct muss ich hier noch aufmerksam machen. Es ist oben darauf hingewiesen worden, dass die Faserenden in der Richtung gegen die Linsenaxe umgebogen werden. Selbstverständlich ist diese Regel nur im Allgemeinen gültig. Denn verfolgt man die Anbildung der Fasern von dem Aequator aus und die Aenderung des Verlaufes der in den verschiedenen Abschnitten der Linse gelegenen Fasern bei älteren Embryonen, so kann man leicht bestätigen, dass die zunächst dem Aequator befindlichen Fasern immer Bögen bilden, deren Concavität gegen diesen und etwas nach vorne gerichtet ist, während in den mittleren Schichten die Fasern mit der Convexität ihrer Bögen nach dem Linsenrand gerichtet sind und ihre Faserenden im Allgemeinen die Richtung gegen die Linsenaxe einhalten (cf. Fig. 19 u. 20); man wird aber ferner leicht constatiren können, dass überdiess

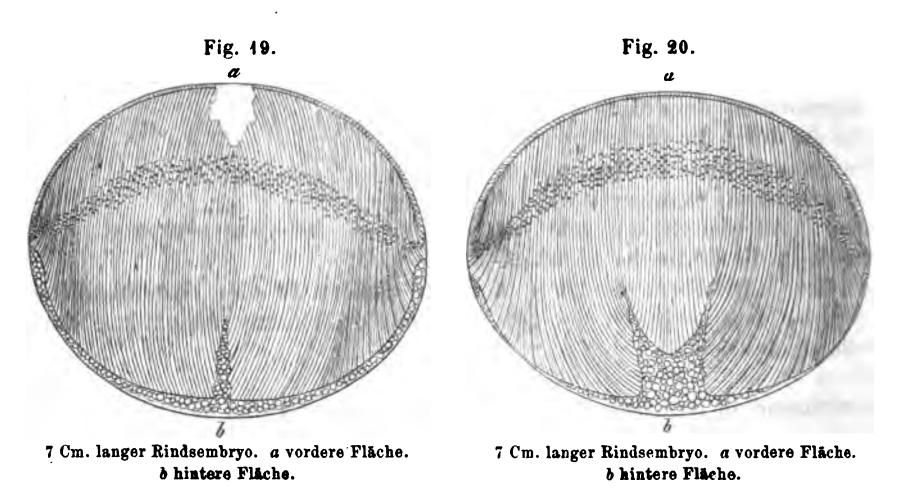


Fig. 19. 7 Cm. langer Rindsembryo. *a* vordere Fläche. *b* hintere Fläche.

Fig. 20. 7 Cm. langer Rindsembryo. *a* vordere Fläche. *b* hintere Fläche.

die Umbiegung der Fasern in der Richtung von Linien geschieht, die von der Linsenoberfläche radienartig gegen das Linsencentrum verlaufen. Es sind die den Sternen entsprechenden und von diesen gegen das Linsencentrum sich fortsetzenden Nähte und Vereinigungsstellen der Linsenfasern. Auf dem Durchschnitt müssen die den Linsennähten entsprechenden Figuren verschieden ausfallen, je nach der Richtung, in welcher der Schnitt geführt wurde. Schneidet man in horizontaler Richtung über der Linsenaxe, so erhält man vorn einen einfachen, hinten einen getheilten, meistens mit kugligen Gebilden angefüllten Spalt (cf. Fig. 20). Zwischen den Ausläufern des letzteren liegt ein Wulst, dessen Breite zunimmt, je mehr man sich von der Linsenaxe entfernt. Die Fasern biegen gegen die Spalten um und stossen im Centrum der Linse in der Naht unmittelbar aneinander an, während in der Peripherie die Faserenden durch kuglige Massen von einander getrennt werden. Führt man den Schnitt unterhalb der Linsenaxe, so ist

der einfache Spalt hinten, der getheilte vorne gelegen (cf. Fig. 19). Erwähnen will ich noch, dass bei älteren Embryonen die hinteren Faserenden ziemlich weit von der Kapsel abstehen, während die vorderen Faserenden dem Epithel anliegen und gewöhnlich nur in der Mitte von demselben abstehen. Das Verhalten der Faserenden an der hinteren Kapselwand ist insofern ein bemerkenswerthes, als nicht alle Fasern von der Kapsel mit ihren Enden abgerückt sind, sondern insbesondere die in der Mitte und an der Seite gelegenen, während die zwischen diesen befindlichen die Kapsel berühren. Durch diese Anordnung erhält man auf dem Durchschnitt (in horizontaler Richtung) einen hinter dem Aequator gelegenen und am hinteren Pol der Linse befindlichen Raum (cf. Fig. 11). Beide sind mit lichten Kugeln gefüllt und durch die zwischen ihnen gelegenen Fasern getrennt. Nur in grosser Entfernung von den Polen ist an der hinteren Linsenkapsel ein Raum nachzuweisen, der durch den Abstand sämmtlicher Fasern von der hinteren Kapsel zu Stande gekommen ist und somit an dieser Stelle über die ganze hintere Linsenfläche sich erstreckt.

Nachdem schon Meyer[1]) den Nachweis geliefert hatte, dass je eine Zelle des eingestülpten oberen Keimblattes zu je einer Linsenfaser werde, und die Bedeutung der Kernzone für die Lehre von der Linsenentwicklung erörtert hatte, wurden durch Remak[2]) die Meyer'schen Angaben im Wesentlichen bestätigt und unsere Kenntnisse über die Vorgänge bei der Genese der Linse erweitert. Diese Mittheilungen Remak's haben von mehreren Seiten (Kölliker[3]), Becker[4]), Babuchin[5]), Kessler[6]), Lieberkühn[7]) u. A.) eine Bestätigung erfahren. Alle diese Untersuchungen stimmen darin überein, dass nur je eine Zelle zu einer Faser wird, eine Anschauung, der ich dem Berichteten zufolge nur beipflichten kann. Es waren ja gerade diese genetischen Gesichtspuncte gewesen, welche mich veranlassten, der Anschauung entgegenzutreten, dass die Linsenfasern aus mehreren Zellen sich aufbauen. — Auch darin ist eine ziemliche Uebereinstimmung vorhanden, dass die an der hinteren Wand gelegenen Zellen zu Fasern, die an der vorderen zum Epithel werden: eine Thatsache, die aber doch nicht der verdienten Beachtung sich zu erfreuen hat; der Annahme eines Epithels an der hinteren Kapselwand müsste sonst in der Literatur nicht zu begegnen sein. Während über die Entwicklungsvorgänge in den früheren Stadien Beobachtungen in grösserer Zahl vorliegen, sind Untersuchungen, die sich auf die weiteren Metamorphosen beziehen, nur spärlich vorhanden. Becker[8]) hat bei älteren Embryonen die Anbildung der Linsenfasern vom Aequator aus verfolgt und Woinow[9]) macht Mittheilungen über den Verlauf der Linsenfasern bei Embryonen. Der Letztere hebt hervor, dass bei Kaninchenembryonen an der hinteren Fläche in der Mitte ein Wulst, dann eine ringförmige Vertiefung getroffen werde, welch' letztere wiederum von einem peripherisch gelegenen Wulst eingesäumt sei. Im weiteren Verlauf soll der centrale Wulst im Wachsthum zurückbleiben und von dem peripherischen bedeckt werden. Durch die Berührung der Fasern des letzteren entstehe eine Naht, die später bis zur Mitte reiche. Im Wesentlichen stimmen diese Angaben mit dem oben Berichteten überein, nur sind selbstverständlich die Vorgänge der Nahtbildung beim Rinde entsprechend der complicirten Anordnung der Sterne keine so einfachen.

---

1) Meyer, l. c.
2) Remak, l. c.
3) Kölliker, l. c.
4) Becker, l. c.
5) Babuchin, l. c.
6) Kessler, l. c.
7) Lieberkühn, l. c.
8) Becker, l. c.
9) Woinow, l. c.

§ 9. **Entwicklung der Linsenkapsel und ihrer Adnexa.** Es ist bereits oben hervorgehoben worden, dass in den früheren Perioden bei Rindsembryonen zwischen dem oberen Keimblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase eine allerdings nur schmale Schichte eines lichten Gewebes sich findet, die nach beiden Seiten continuirlich in den Antheil des mittleren Keimblattes, welchen man als die Kopfplatten zu bezeichnen pflegt, übergeht (cf. Fig. 14). Diese Gewebslage wird beim Rind und bei den Säugethieren überhaupt gleichzeitig mit der Linse in die Augenblase eingestülpt, so dass die erstere von der vorderen Wand der Augenblase durch eine Lage eines lichten Gewebes, das nach vorn und den Seiten mit den Kopfplatten zusammenhängt, getrennt wird (cf. Fig. 15). In demselben Maasse als die Linse vom oberen Keimblatt sich entfernt, wird sie auch an ihrer vorderen Seite von den Fortsätzen des mittleren Keimblattes umwachsen, welche nach vollendeter Abschnürung der Linse vom Hornblatt zu einer continuirlichen vor der Linse gelegenen Gewebsmasse sich vereinigen (cf. Fig. 16). Auf diese Weise erklärt es sich, dass die Linse nach vollendeter Einstülpung in ihrer ganzen Circumferenz d. h. vorne, hinten und an den Seiten von einer Gewebsmasse eingehüllt wird, welche ein Abkömmling des mittleren Keimblattes ist und mit diesem auch nach vollendeter Einstülpung an den Seiten noch zusammenhängt; nach aussen wird sie vom Hornblatt bedeckt, nach innen grenzt sie an die vordere Wand der secundären Augenblase. Dieses Gewebe ist ursprünglich licht, sehr bald treten aber Kerne und Gefässe in ihm auf und gleichzeitig werden weitere Differenzirungen in ihm bemerkbar. Der hinter der Linse gelegene Abschnitt gestaltet sich zum Glaskörper, aus dem vor derselben befindlichen Theil werden Hornhaut und *Membrana capsulo-pupillaris*, die an den Seiten vorhandnen Abschnitte gestalten sich zur *Zonula ciliaris* um, während die die Linse unmittelbar umgebenden Schichten zur Bildung der Linsenkapsel beitragen.

Was nun zunächst die Linsenkapsel betrifft, so ist eine solche in den frühsten Perioden gar nicht nachweisbar; es werden vielmehr die eingestülpten Zellen des oberen Keimblattes unmittelbar von dem lichten Gewebe begrenzt, aus dem später der Glaskörper wird. Bei etwas älteren Embryonen aber wird in der ganzen Circumferenz der Linse zwischen diesem Gewebe einerseits und den zelligen Elementen der Linsenblase andererseits ein lichter Contour wahrnehmbar: die erste Andeutung einer Linsenkapsel. Derselbe wird mit zunehmendem Alter immer breiter und gibt sich bald sowohl auf den Durchschnitten als an Flächenpräparaten als eine besondere Schicht zu erkennen. Eine Isolirung dieser Schicht von der ihr aufliegenden gefässhaltigen Lage, von welcher die Kapsel der Linse in der ganzen Circumferenz umhüllt wird, ist mir bei jüngeren Embryonen nie gelungen, dagegen habe ich bei älteren wiederholt eine Trennung beider Schichten namentlich an den Seiten wahrgenommen, so dass über ihre in späteren Perioden bestehende Selbstständigkeit kein Zweifel besteht. Dem Gesagten zufolge bildet sich die Linsenkapsel als eine Grenzmembran durch Differenzirung des die Linse umhüllenden und von dem mittleren Keimblatt abstammenden Gewebes.

Schon Remak[1]) wirft (S. 91) die Frage auf, ob die Linsenkapsel dem Hornblatte oder den

[1]) Remak, l. c.

Kopfplatten ihr Entstehen verdanke. REMAK fährt wörtlich fort: »Sollte ich dieselben nach Analogien beantworten, so würde ich mich für die Entstehung aus den Kopfplatten erklären.« Eine Entscheidung wagte REMAK wegen mangelnder Beobachtungen nicht zu geben. Die Beantwortung der Frage war REMAK dadurch wesentlich erschwert, dass er die gleichzeitig mit der Linse erfolgende Einstülpung des mittleren Keimblattes nicht wahrgenommen hatte. Bei Embryonen von Vögeln ist dies auch neueren Beobachtern nicht gelungen, wohl aber bei Säugethieren. KÖLLIKER[1]) ist der erste, der wahrgenommen hat, dass gleichzeitig mit der Linse eine Cutisschicht eingestülpt wird. Derselbe lässt aber aus dieser Cutis nur die »gefässhaltige Linsenkapsel« entstehen. Die Bildung der eigentlichen Linsenkapsel führt KÖLLIKER auf eine Ausscheidung der Linsenfasern und Zellen des Epithels zurück. KESSLER[2]) bestreitet die auf die Einstülpung der Cutisschichte sich beziehende Angabe KÖLLIKER's. Seiner Ansicht nach liegt das Hornblatt der vorderen Wand der primären Augenblase so unmittelbar an, dass zu einer Einstülpung kein Material gegeben sei. SERNOFF[3]) und LIEBERKÜHN[4]) dagegen bestätigen die Kölliker'sche Angabe und stützen dieselbe durch eingehende Untersuchungen.

Nachdem eben nachgewiesen wurde, dass die Linsenkapsel durch eine weitere Differenzirung der mit der Linse eingestülpten und vor derselben wieder vereinigten Theile der Kopfplatten zu Stande komme, wäre zunächst zu erörtern, was aus den angrenzenden Lagen dieser wird. In denselben wird schon zu einer sehr frühen Zeit eine Vascularisation nachweisbar und zwar sowohl in den vor der Linse als in den hinter der Linse gelegenen Abschnitten. Die Gefässe der ersteren stehen mit denjenigen der Kopfplatten in continuirlichem Zusammenhang, die der letzteren sind Zweige der *Arteria capsularis*. Sehr früh tritt aber eine Verbindung beider Gefässbezirke ein und es erscheint nun die Linse nach vorne, hinten und den Seiten von einem häutigen Gebilde eingehüllt, dessen Gefässe nach hinten mit der *Arteria capsularis*, nach den Seiten mit den Gefässen desjenigen Theiles der Kopfplatten, aus denen die Choroidea wird, zusammenhängen, die aber ausserdem unter einander über den Rand der Linse weg in Verbindung stehen. Auf welche Weise aus diesen Gebilden die gefässhaltige häutige Linsenkapsel wird und wie deren Scheidung in die gefässhaltige Lage an der hinteren Linsenkapsel einerseits, die *Membrana capsulo-pupillaris* andererseits zu Stande kommt, das auszuführen bleibt einem späteren Capitel vorbehalten. Hier sei nur noch hervorgehoben, dass bei diesen Vorgängen die an dieser Stelle stattfindende Entwicklung der *Zonula Zinnii* eine wesentliche Rolle spielt. In früheren Perioden verhält sich der an dem Linsenrand gelegene Abschnitt der gefässhaltigen Gewebsschichte des mittleren Keimblattes gleich den übrigen an der vorderen und hinteren Fläche der Linse gelegenen Theilen, später aber tritt eine Veränderung an diesen Stellen insofern ein, als zunächst eine Verwachsung mit dem Ciliartheil der Retina beziehungsweise den *Processus ciliares* bemerkbar wird, während früher eine solche Verbindung nicht bestand, vielmehr jeder Zeit eine Trennung derselben sich beim Schneiden von selbst vollführte. Dieses Phänomen der Verschmelzung tritt gleichzeitig mit der Bildung der *Processus ciliares* auf. Zu dieser Zeit werden dann die Gefässe etwas spärlicher und es wird zwischen den *Processus cilares* und der Linsenkapsel ein lichtes feinfaseriges Gewebe nachweisbar, das einmal mit der Innen-

---

1) KÖLLIKER, l. c.
2) KESSLER, l. c.
3) SERNOFF, Centralblatt für medic. Wissenschaft. 1872.
4) LIEBERKÜHN, l. c.

fläche der *Processus ciliares* in Verbindung steht, ausserdem aber zum Rand der Linsenkapsel sich erstreckt. Mit der fortschreitenden Entwicklung der *Zonula ciliaris*, denn als solche ist das eben beschriebene Gebilde aufzufassen, wird die Scheidung zwischen dem vor und dem hinter der Linse gelegenen Abschnitt der häutigen gefässreichen Schichte immer deutlicher; doch bleibt wie bekannt auch später noch eine Verbindung zwischen den Gefässen bestehen.

Es liegt nicht in der Aufgabe dieses Capitels, ausführlicher auf diese Verhältnisse und deren Literatur einzugehen. Ich will deshalb nur hervorheben, dass die Gefässschicht an der vorderen und hinteren Linsenkapsel längst bekannt ist, während wir über deren Entwicklungsweise erst durch die neueren Untersuchungen Kölliker's, Schoeler's, Kessler's, Iwanoff's und insbesondere Lieberkühn's etwas mehr erfahren haben. Dennoch bedürfen diese Verhältnisse noch einer eingehenderen Untersuchung und Erörterung. Ich habe deshalb oben in Kürze das Resultat meiner Beobachtungen an zahlreichen Embryonen niedergelegt, ausführlichere Mittheilungen an einer anderen Stelle mir vorbehaltend. Ich möchte hier nur noch einmal betonen, dass meines Erachtens eine richtige Anschauung über die Entwicklung der gefässlosen und gefässhaltigen Linsenkapsel, der *Membrana pupillaris* und *capsulo-pupillaris*, der *Zonula Zinnii* etc. nur dann zu gewinnen ist, wenn man von der Thatsache ausgeht, dass die Linse nach ihrer Einstülpung von einer Gewebsschichte in der ganzen Circumferenz umhüllt wird, die ein Erzeugniss des mittleren Keimblattes ist. Aus ihr wird nach hinten von der Linse erstens der Glaskörper nebst *Membrana hyaloidea*, die, wie die Entwicklung zeigt, als ein Bestandtheil des Glaskörpers aufgefasst werden muss, zweitens der hinter der Linse gelegene Theil der sogenannten häutigen Linsenkapsel, welche aber selbstverständlich keine Linsenkapsel ist, und endlich drittens die hintere Linsenkapsel. An der vorderen Seite werden aus dieser Gewebsschichte erstens vordere Linsenkapsel, zweitens *Membrana capsulo-pupillaris* und *pupillaris*, ferner Hornhaut etc. Aus dem am Linsenrand gelegenen Theil endlich wird *Zonula ciliaris*. Aus den eben aufgezählten Puncten lässt sich für die genannten Theile ein Bildungsgesetz ableiten, das uns eine klarere Einsicht nicht nur in die Entwicklung desselben, sondern in ihr Verhalten in den verschiedenen Entwicklungsperioden sowie in die Eigenart ihres Baues in erwachsenem Zustande gestattet.

Literaturverzeichniss

vom Jahre 1832 an.

Bezüglich der älteren Literatur vergl. Fr. Arnold, Anatom. u. physiolog. Untersuch. über das Auge des Menschen. 1832.

Ausser den Handbüchern der Histologie von Gerlach, Leydig, Kölliker, Frey, Stricker u. A. vergleiche man auch die Handbücher der Anatomie von C. Krause, Fr. Arnold, sowie die neueren von Langer, Henle, Quain-Hoffmann u. A.

Linsenkapsel.

Huschke, Ammon's Zeitschr. f. Ophthalmolog. Bd. IV. 1834.
Werneck, Daselbst. Bd. IV u. V. 1834 u. 35.
Valentin, Repert. 1837 u. 38.
Henle, Allgem. Anatom. 1841.
Valentin, Handwörterb. d. Physiolog. 1842.
Pappenheim, Gewebelehre des Auges. 1842.
Huschke, Sömmerrings Anatom., Eingeweidelehre. 1844.
Harting, Histolog. Anteekening. Bd. XII. 1846.
Brücke, Anatom. Beschreibung des menschlichen Augapfels. 1847.

Mensonides, Nederland. Lanc. 1848.
Bowman, Lectures on the parts concerned in the operations on the eye.
Strahl, Arch. f. physiol. Heilkunde. Bd. XI. 1852.
Henle, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. II. 1852.
Kölliker, Mikrosc. Anatom. Bd. II. 2. 1854.
Lohmeyer, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. V. 1854.
Finkbeiner, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. VI. 1858.
Nunneley, Journ. of microscop. science. April 1858.
Robin, Arch. d'ophthalmolog. T. V.
Becker, Arch. f. Ophthalmologie. Bd. IX. 1863.
Sernoff, Daselbst. Bd. XIII. 1867.
Robinski, Arch. f. Anatom. u. Physiolog. 1871 u. 1872.
Babuchin, Stricker's Histologie. Bd. II. 1872.

Linsenfasern.

Werneck, l. c. 1833 u. 34.
Brewster, Lond. and Edinb. philosoph. Mag. 1833.
Brewster, Philosoph. Transact. 1833 u. 36.
Huschke, l. c. 1834.
Corda, Weitenwerbers Beiträge. Prag 1835.
Meyer-Ahrens, Müllers Arch. 1838.
Valentin, l. c. 1842.
Pappenheim, l. c. 1842.
Hannover, Müllers Arch. 1845.
Harting, l. c. 1846.
Brücke, l. c. 1847.
Bowman, l. c. 1849.
Brücke, Wiener akad. Sitzungsber. Bd. VI. 1851.
Fr. Arnold, Handb. d. Anatom. Bd. II. 1851.
Meyer, Müllers Archiv. 1851.
Thomas, Wiener akad. Sitzungsber. Bd. VI. 1851.
Gros, Compt. rend. 19. Aug. 1852.
Husson, Nachr. d. wissensch. Gesellsch. zu Göttingen. 1853.
Kölliker, Mikroscop. Anat. Bd. II. 1854.
Czermak, Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. VII. 1856.
Becker, l. c. 1863.
Hensen, Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. XV.
Sernoff, l. c. 1867.
Kölliker, Histologie. 1867.
Kühne, Physiolog. Chem. 1868.
Frey, Histologie. 1870.
Moriggia, Moleschott's Untersuch. Bd. X. 1870.
Robinski, l. c. 1871 u. 72.
Babuchin, l. c. 1872.
Fubini, Moleschott's Untersuch. Bd. XI. 1873.

Zonula ciliaris.

Fr. Arnold, l. c. 1832.
Ammon, Arch. f. Ophthalmolog. 1832.
Huschke, Daselbst. 1833 u. 34.

Hueck, Bewegung d. Krystalllinse. 1841.
Hannover, Müllers Archiv. 1840 u. 45.
Brücke, l. c. 1847.
Hannover, Das Auge. 1852.
Finkbeiner, l. c. 1855.
Nuhn, Bericht d. naturf. Versamml. 1859.
O. Weber, Virchows Arch. Bd. XIX. 1860.
H. Müller, Arch. f. Ophthalmol. Bd. II. 1860.
Henke, Arch. f. Ophthalmol. Bd. II. 1860.
Heiberg, Arch. f. Ophthalmol. Bd. XI. 1865.
M. Schultze, Arch. f. mikroscop. Anatom. Bd. II. 1866.
Henle, l. c. 1866.
E. F. Schulze, Arch. f. mikrosc. Anatom. Bd. III. 1867.
Iwanoff, Arch. f. Ophthalmolog. Bd. XV. 1869.
Schwalbe, De canal. Petiti et de zonula ciliar. Dissert. Halle 1870.
Merkel, Zonula ciliaris. Leipzig 1870.
Iwanoff, Strickers Histologie. Bd. II. 1872.
Lieberkühn, Ueber das Auge des Wirbelthierembryo. Cassel 1872.

Entwicklung.

Huschke, Meckels Arch. 1832.
Ammon, Arch. f. Ophthalmolog. 1832.
Valentin, Handb. d. Entwicklungsgesch. Berlin 1835.
C. Vogt, Embryolog. d. Salmones. Neuchatel 1842.
Schoeler, De oculi evolutione etc. Dorpat. Diss. 1848.
Gray, Philosoph. Transact. 1850.
Fr. Arnold, l. c. 1851.
Meyer, l. c. 1851.
Kölliker, Mikrosc. Anatom. Bd. II. 1854.
Kölliker, Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. VI. 1855.
Remak, Untersuch. über Entwickl. 1855.
Ammon, Entwickl. d. menschl. Auges. 1858.
Becker, l. c. 1863.
Babuchin, Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. IV. 1863.
Kölliker, Entwicklungsgesch. 1866.
Barkan, Wiener akad. Sitzungsber. Bd. LIV. 1866.
Schenk, Daselbst. Bd. LX. 1867.
His, Entwickl. d. Wirbelthiereies. 1868.
Woinow, Wiener akad. Sitzungsber. 1869.
Kessler, Entwickl. d. Auges. Dorpat. Diss. 1871.
Babuchin, Strickers Histologie. 1872.
Sernoff, Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1872. No. 13.
Lieberkühn, l. c. 1872.
Waldeyer, Entwicklungsgeschichte des Auges. Jahresber. für Ophthalmolog. 1872.
Goette, Arch. f. mikrosc. Anatom. Bd. IX. 1873.

Capitel IV.

Mikroscopische Anatomie

des

Sehnerven, der Netzhaut und des Glaskörpers

von

G. Schwalbe.

Professor in Jena.

I. Der Sehnerv.

§ 1. Der Ursprung des Sehnerven und der Tractus opticus.

Der Sehnerv lässt in seinem Verlauf vom centralen Ursprunge an bis zur Ausbreitung in der Netzhaut drei Hauptabschnitte unterscheiden: 1) seine in den grauen Massen des Zwischen- und Mittelhirns haftenden Wurzeln, die sich zum *Tractus opticus* vereinigen, 2) das sog. Chiasma, die Kreuzungsstelle beider Sehnerven und 3) den intraorbitalen Theil.

In Betreff der makroscopischen Verhältnisse dieser Theile ist auf ein früheres Capitel zu verweisen. Hier soll vor Allem der histologische Bau des intraorbitalen Stückes genauer beschrieben werden, während in Betreff der Frage nach dem Ursprunge des Sehnerven, die übrigens noch durchaus nicht zu einem befriedigenden Abschluss gediehen ist, kurze Andeutungen genügen mögen. Denn eine genaue Beschreibung dieser anatomischen Verhältnisse müsste sich nothwendiger Weise in die Details des Hirnbaues weiter vertiefen, als es im Plane dieses Lehrbuchs liegt.

Bekanntlich entspringt der *Tractus opticus* für das unbewaffnete Auge mit zwei deutlich gesonderten platten Strängen aus dem *Corpus geniculatum mediale* und *laterale*. Auch die mikroscopische Untersuchung lehrt, dass ein Theil der Sehnervenfasern hier ihren Ursprung findet. Ausserdem entspringen aber Fasern des *Tractus opticus* direct aus dem Sehhügel (Thalamus-Wurzel des Sehnerven), während es andererseits ausser Zweifel gestellt ist, dass auch aus den vorderen Vierhügeln Sehnervenfasern ihren Ursprung nehmen, die zum Tractus durch Vermittelung des *Brachium conjunctivum anterius* und *Corpus geniculatum mediale* gelangen. Besonders deutlich lässt sich der Vierhügelursprung des Sehner-

ven bei manchen Säugethieren, z. B. dem Schaafe, Pferde, Schweine, der Katze erkennen (Forel) (11).

Eine andere Frage ist die, ob dem *Tractus opticus* während seines Verlaufes an der Basis des Gehirns noch neuer Zuwachs an Nervenfasern entsteht. Nach den Untersuchungen von J. Wagner (7) ist dies der Fall an der Stelle, wo der Tractus mit der *Substantia perforata anterior* verwachsen ist. Hier schiebt sich zwischen beide eine dünne gelbliche Lage, in welcher zahlreiche kleine spindelförmige Ganglienzellen eingebettet sind, die zum Theil wenigstens ihre Ausläufer zum Tractus senden, während andere selbst zwischen den Nervenfasern desselben anzutreffen sind. Meynert (9) bezeichnet diese Zellenlage als basales Opticusganglion. Mit den Grosshirnschenkeln geht dagegen der *Tractus opticus* keine festere Verbindung ein. Auf Schnitten, welche durch beide gelegt sind, fällt stets der Tractus vom Pedunculus ab, nie treten Fasern aus letzterem in ersteren ein.

Der feinere Bau des *Tractus opticus* ist vom Ursprunge aus den *Corpora geniculata* an bis zum Chiasma, abgesehen von der Modification, die durch seine Verbindung mit dem basalen Opticusganglion erzeugt wird, der nämliche. Er besteht aus dicht an einander liegenden feinen markhaltigen Fasern und wird auf seiner Oberfläche von einer etwa 30 μ dicken feinkörnigen Rinde überzogen. Innerhalb der *Corpora geniculata* sind dagegen nach J. Wagner (7) die Sehnervenfasern nackte Axencylinder.

Ausser den erwähnten Verbindungen des Tractus mit der Basis des Gehirns beschreibt Calori (10) noch ein schmales Verbindungsbändchen zwischen Tractus und Oberfläche des *Gyrus hippocampi*. Es ist eine einfache Fortsetzung der äussersten Lage der grauen Rinde des *Gyrus hippocampi*, die direct mit der feinkörnigen Rinde des Tractus verschmilzt.

Calori sah ferner in seltenen Fällen etwa in der Mitte des Verlaufes des Sehstranges nahe der Axe desselben einen mit glatten Wandungen versehenen blindgeschlossenen Canal, den er für einen Rest der embryonalen Höhle des Tractus hält.

Literatur.

1) Burdach, Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1822. Bd. II. S. 177—179.
2) J. A. W. Stein, De thalamo et origine nervi optici. Dissert. Hafniae 1834.
3) Longet, Anatomie et physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. T. II. p. 50—52. Paris 1842.
4) Kölliker, Mikroscopische Anatomie. II. Bd. 1. Hälfte. S. 480. 1850.
5) Jacubowitsch u. Owsjannikow, Mikroscopische Untersuchungen über die Nervenursprünge im Gehirn. Bulletin de la classe physico-mathématique de l'acad. impériale des sciences de St. Pétersbourg. 1856. p. 178.
6) Jacubowitsch, Mikroscopische Untersuchungen über die Nervenursprünge im Rückenmarke und verlängerten Marke, über die Empfindungszellen und sympathischen Zellen in denselben und über die Structur der Primitivnervenzellen, Nervenfasern und Nerven überhaupt. Mélanges biologiques. 1856. p. 374.
7) J. Wagner, Ueber den Ursprung der Sehnervenfasern im menschlichen Gehirn. Dorpat 1862. 1 Tafel.
8) Th. Meynert, Beiträge zur Kenntniss der centralen Projection der Sinnesoberflächen. Sitzungsberichte der Wiener Academie. 1869.
9) Th. Meynert, Vom Gehirn der Säugethiere. Strickers Gewebelehre II. 1870.

10) L. Calori, Annotazioni storico-critiche sulle origini dei nervi ottici. Memorie dell' accademia delle scienze dell' istituto di Bologna. Serie III. T. I. 1872.
11) A. Forel, Beiträge zur Kenntniss des Thalamus opticus und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Bd. 66. 3. Abth. 1872.

§ 2. Das Chiasma opticum.

Ueber die Form- und Lageverhältnisse des Chiasma ist in einem früheren Capitel dieses Lehrbuchs das Nöthige bemerkt worden. Hier handelt es sich darum, den feineren Bau desselben darzulegen, vor allen Dingen den Faserverlauf im Chiasma zu verfolgen.

Wie die anderen Theile des Gehirns wird auch das Chiasma von der *Pia mater* umhüllt, die sich dann, wie wir unten sehen werden, auch auf den intraorbitalen Theil des Sehnerven fortsetzt. Während sie aber hier der Nervenmasse fest anliegt, überall Fortsätze fibrillären Bindegewebes zwischen die Nervenfaserbündel hinein schickt, umhüllt sie das Chiasma nur locker und steht nur durch feine Gefässe mit demselben in Verbindung. Es beginnt die feste Verwachsung zwischen Pia und Sehnerven erst da, wo dieselben aus der Kreuzungsstelle als selbstständige Stämme hervorgehen. So beim Menschen und bei den Säugethieren. Bei den Vögeln dagegen finden sich bindegewebige Piafortsätze auch innerhalb des Chiasma und verlieren sich erst gegen die Grenze des Tractus (Biesiadecki) (10), (Michel) (14). Die einzelnen Sehnervenfaserbündel sind deshalb leichter durch die Kreuzungsstelle hindurch zu verfolgen, als bei den Säugethieren. Aber auch hier, wo die fibrillären Piafortsätze fehlen, wird die Grenze der einzelnen Nervenfaserbündel durch reihenweis gestellte Kerne bezeichnet, die platten Zellen angehören (Michel) (14) von derselben Art, wie sie im intraorbitalen Theile des Opticus gefunden werden (vergl. unten § 7).

In Betreff des Faserverlaufs innerhalb des Chiasma haben 3 differente Ansichten ihre Vertreter gefunden. Die älteste Ansicht ist die, dass die Sehnervenfasern im Chiasma sich vollständig kreuzen. Sie wurde nach Longet (6) schon vor Galen ausgesprochen. Letzterer vertheidigte eine zweite Ansicht, nämlich die, dass gar keine Kreuzung statt finde, sondern die Sehnerven sich in der Medianlinie einfach an einander legen. Vesal, Santorini, Zinn und Andere traten dafür ein. Genauere Untersuchungen haben bald das Irrthümliche dieser Meinung festgestellt. Als eine Anomalie kommt jedoch der beschriebene Verlauf, wenn auch selten, vor. So beobachtete Vesal einen Fall, in welchem ein jeder Sehnerv ohne Kreuzung zum Auge seiner Seite verlief. [1]) Doppeltsehen hatte dabei während des Lebens nicht bestanden.

Die meisten Vertreter hat bis in die neueste Zeit seit den Untersuchungen von J. Müller (3) eine dritte Ansicht gefunden, nach welcher nur ein Theil der Nervenfasern der Optici sich kreuzt, ein anderer Theil dagegen direct zum Auge der entsprechenden Seite verläuft. Nur für die Knochenfische wurde eine Ausnahme statuirt, da hier eine vollständige Kreuzung der Sehnerven schon für das blosse Auge zweifellos feststeht. Einer der Hauptvertreter der partiellen Kreuzung der Optici ist Hannover (8), dessen Anschauungen über den Faserverlauf im Chiasma noch bis in die neueste Zeit bei den Ophthalmologen

---

1) Andere ähnliche Beobachtungen sind in Henle's Nervenlehre S. 348 gesammelt.

hohes Ansehen genossen, da sie besonders geeignet schienen, gewisse pathologische Verhältnisse befriedigend zu erklären. HANNOVER's Ansicht über den Faserverlauf ist folgende: Nur ein kleiner Theil der Sehnervenfasern und zwar die centralen kreuzen sich im Centrum des Chiasma und bilden die *Commissura cruciata*. Die äusseren Fasern jedes Opticus gehen direct zur Aussenseite des Tractus derselben Seite und werden von HANNOVER als *Fasciculus dexter* und *sinister* bezeichnet. Die innersten Fasern der Sehnerven sowohl, wie der Tractus biegen am Chiasma in einander um und stellen jene die *Commissura arcuata anterior*, diese die *Commissura arcuata posterior* dar. In der Medianlinie und deren Nachbarschaft wird ferner das Chiasma noch von einer Schicht von Nervenfasern bedeckt, die aus der vor und über dem Chiasma befindlichen *Lamina cinerea terminalis* entspringen, zuerst auf der vorderen, dann auf der unteren Fläche des Chiasma verlaufen und schliesslich in das *Tuber cinereum* und *Infundibulum* übergehen, also eine Art Schlinge bilden, in welcher das Chiasma ruht. HANNOVER bezeichnete diesen Faserzug als *Commissura ansata*. Wenn wir absehen von dieser *Commissura ansata*, über die unten im Zusammenhang berichtet werden soll, so wurde das Hannovers'che Schema im Wesentlichen von SAHMEN (9) und HENLE (15) acceptirt, nur dass Beide, besonders HENLE der *Commissura cruciata* den wesentlichsten Antheil an der Bildung des Chiasma zugestehn, den *Fasciculus dexter* und *sinister* viel geringer entwickelt finden wie HANNOVER.

Bei der Annahme einer partiellen Kreuzung der Sehnerven im Chiasma des Menschen und der höheren Wirbelthiere war es immerhin auffallend, bei den Knochenfischen constant eine totale Kreuzung zu finden. Genauere Untersuchungen der neuesten Zeit lassen dies Factum nicht mehr als vereinzelt erscheinen, indem sie beweisen, dass überall, auch beim Menschen, die Kreuzung der beiden Sehnerven eine vollständige ist und den Grund der irrthümlichen Ansicht von J. MÜLLER und HANNOVER darlegen. BIESIADECKI (10) hat die vollständige Kreuzung zuerst wieder mit Entschiedenheit vertreten, MANDELSTAMM (13) und MICHEL (14) in ganz kürzlich publicirten Arbeiten weitere Beweise dafür gebracht. Einerseits haben sorgfältig ausgeführte Reihen von Horizontalschnitten durch gut in Chromsäure erhärtete Chiasmen beweisende Bilder geliefert (BIESIADECKI, MICHEL), andererseits ist man durch Zerfasern gehärteter Chiasmen unter stark concentrirter Kalilauge (MANDELSTAMM) zum Ziele gekommen. Nach diesen Untersuchungen fehlt nun im Chiasma des Menschen der *Fasciculus dexter* und *sinister*, die Sehnervenfasern kreuzen sich vollständig; sie verlaufen aber dabei nicht auf dem kürzesten Wege zum Tractus der entgegengesetzten Seite, sondern beschreiben eigenthümliche Bogen. So verlaufen die medialen (linken) Fasern des rechten Sehnerven, am Chiasma angelangt, erst fast transversal zum linken Rande des Chiasma, einen nach vorn und links concaven Bogen beschreibend; am linken Rande angelangt wenden sie sich dann in einen nach rechts und hinten concaven Bogen zur lateralen Seite des linken Tractus. Ganz analoge Biegungen nehmen die anderen Fasern des rechten Opticus, und das Analoge gilt für den Verlauf der Fasern des linken Sehnerven durch das Chiasma zum rechten Tractus. Es geht aus dieser Beschreibung des Verlaufes der Fasern im Chiasma hervor, dass die Winkel, unter welchen die Kreuzung erfolgt, in den mittleren Theilen des Chiasma spitze, in den Randpartieen dagegen rechte oder stumpfe sein werden

(MICHEL) (14). Die Verflechtung der Sehnervenfasern im Chiasma ist beim Menschen eine äusserst innige. Die sich kreuzenden Bündel sind sehr dünn und verfilzen sich bei der Kreuzung etwa nach Art eines Korb- oder Strohmattengeflechts. Nur in den centralen Theilen des Chiasma finden sich breitere platte Bündel (MICHEL) (14). Aus dem geschilderten Verlauf der Fasern wird es verständlich, wie man zur Annahme eines *Fasciculus dexter* und *sinister*, einer *Commissura arcuata anterior* und *posterior* gelangen konnte. Da die lateralen Fasern des Opticus und Tractus jeder Seite unter einem stumpfen Winkel auf einander stossen, wird es an Schnittpräparaten leicht den Anschein gewinnen, als wenn sie bogenförmig in einander übergehen. Analoge Momente erklären, wie man zur Annahme einer *Commissura arcuata anterior* und *posterior* gelangte. Als eine *Commissura arcuata posterior* ist von HANNOVER (8) auch wohl ein bogenförmiger Zug markhaltiger Nervenfasern beschrieben worden, der an Horizontalschnitten, welche die Mitte des Chiasma getroffen haben, erscheint; derselbe läuft allerdings dem hinteren Rande des Chiasma parallel, ist aber stets durch eine dünne Lage grauer Substanz vom Chiasma getrennt und verliert sich nach den Seiten hin; er hat mit den Sehnerven durchaus nichts zu thun. MICHEL (14) fand ihn ausser beim Menschen noch beim Hund und Bussard.

In Betreff der *Commissura ansata* von HANNOVER lauten die neuesten Angaben widersprechend. Schon VALENTIN erklärte die von HANNOVER beschriebenen sagittalen Fasern nicht für Nervenfasern, sondern für Sehnenfasern. BIESIADECKI (10) ist dieser letzteren Ansicht beigetreten, während SAHMEN (9) den hellen Saum, welchen man an Sagittalschnitten des Chiasma bemerkt, zum grössten Theil aus Bindegewebe bestehen lässt, in welches von der *Lamina terminalis cinerea* nur einzelne Nervenfasern eintreten; vom *Tuber cinereum* aus soll dagegen ein sehr dünnes Stratum von Nervenfasern sich in das Chiasma hinein erstrecken. Aehnlich wie HANNOVER (8) beschreibt HENLE (15) die sagittalen von der *Lamina terminalis* und dem *Tuber cinereum* ausgehenden Faserzüge.

Soviel steht fest, dass die obere Fläche des Chiasma von einer dünnen Schicht grauer Substanz bedeckt wird, die in vielen Fällen sich über den vorderen Winkel hinaus zur unteren Fläche erstreckt, während in anderen Fällen letztere einen Beleg grauer Substanz vom *Tuber cinereum* erhält. Ueber dem Chiasma befindet sich stets eine eigenthümliche Ausbuchtung des dritten Ventrikels, die in der Medianlinie bis zum vorderen Winkel des Chiasma sich erstreckt, während die Seitentheile oft noch weiter nach vorn reichen. Dieser Recess ist vom Ependym ausgekleidet, das hier nicht selten eigenthümliche zottenförmige Vorsprünge besitzt, und offenbar von grosser Bedeutung für die Erklärung mancher rasch auftretender und verschwindender Amaurosen, insofern eine Ansammlung von Flüssigkeit im dritten Ventrikel zu einer Aussackung des erwähnten Recesses und Compression des Chiasma Veranlassung geben wird (MICHEL) (14).

Viel leichter wie am Chiasma des Menschen ist eine vollständige Kreuzung der Sehnerven im Auge der meisten Wirbelthiere zu constatiren. Bei den Knochenfischen findet sich der einfachste Fall: es legt sich hier der Sehnerv der einen Seite schräg über den Sehnerven der anderen, um zur entgegengesetzten Seite zu gelangen, und zwar ist gewöhnlich der Sehnerv des linken Auges über dem des rechten gelegen. Beim Häring geht der Sehnerv des rechten Auges zwischen zwei Bündeln des für das linke Auge bestimmten Opticus hindurch, und beim Brassen finden sich jederzeit zwei sich kreuzende Bündel (HANNOVER). Diese Formen bilden

den Uebergang zu einem zweiten Typus der Kreuzung, welcher für Amphibien, Reptilien und Vögel characteristisch ist. Hier haben wir eine blätterförmige Kreuzung der Sehnerven (CARUS (1), MECKEL (2)). Jeder Sehnerv löst sich innerhalb des Chiasma in sehr platte Bündel auf, die meist schon makroscopisch sichtbar sind und zwischen den analogen Bündeln des anderen Sehnerven zum entgegengesetzten Tractus verlaufen. Aber auch hier ist die Kreuzung stets eine vollständige (gegen J. MÜLLER (3) und HANNOVER (8)). Die Zahl der sich kreuzenden Blätter ist bei den einzelnen Thieren eine sehr verschiedene; bei Amphibien und Reptilien ist sie sehr gering; so finden sich z. B. bei der Ringelnatter auf der einen Seite drei, auf der anderen zwei Blätter, bei *Lacerta ocellata* jederseits vier. Die Vögel besitzen eine grössere Zahl, bis dreissig auf jeder Seite (MECKEL) (2). Gewöhnlich sind die vordersten sich kreuzenden Blätter die breitesten, und nimmt die Breite derselben nach hinten ab (MICHEL) (14). — Bei den Säugethieren endlich finden wir dieselbe Art der vollständigen Kreuzung, wie sie oben vom Menschen beschrieben wurde. Es verflechten sich hier die feinen Bündel nach Art eines Strohmattengeflechts; bei den einzelnen Arten sind die Winkel, unter welchen die Kreuzung stattfindet, sehr verschieden. — Bei den Fischen beschrieb HANNOVER (8) zwei commissurenartige nach vorn convexe weisse Bogen innerhalb des von den Tractus gebildeten Winkels; eine einfache analoge Commissur findet sich bei Reptilien (Ringelnatter). Nach BIESIADECKI (10) stehen dieselben jedoch in gar keiner Beziehung zu den Sehnerven.

Eine Ausnahme von der allgemeinen Regel, dass die beiden Sehnerven sich vollständig kreuzend zu den Augen der entgegengesetzten Seite verlaufen, schienen bisher die *Cyclostomen* (*Petromyzon, Myxine*) zu machen (vergl. STANNIUS, Zootomie 2. Aufl. p. 164.). Es sollte hier jeder Sehnerv direct ohne Kreuzung zum Auge derselben Seite verlaufen. LANGERHANS (16) zeigte kürzlich, dass bei *Petromyzon Planeri* sich ein wirkliches Chiasma mit vollständiger Kreuzung findet, das allerdings noch innerhalb der Substanz des *Lobus ventriculi tertii* gelegen ist.

In gleicher Weise wie die rein anatomische Untersuchung sprechen auf experimentellem Wege gewonnene Thatsachen für eine vollständige Kreuzung der Sehnerven im Auge der Thiere. BIESIADECKI (10) fand, dass nach Durchschneidung eines Sehnerven einer Taube dieser und der Tractus der entgegengesetzten Seite atrophirte, während die anderen Componenten des Chiasma normal blieben. Ebenso ergab es sich, dass nach Exstirpation eines Augapfels bei einem Kaninchen nur der Sehnerv derselben Seite und der Tractus der gegenüber liegenden degenerirte. Ganz diesem Befunde entsprechend beobachtete BROWN-SEQUARD (12), dass nach Durchschneidung eines Tractus Amaurose des Auges der entgegengesetzten Seite eintritt, nach Durchschneidung des Chiasma in der Medianlinie totale Amaurose. MANDELSTAMM (13) endlich fand, dass nach Abtragen des vorderen Vierhügelpaares und des *Thalamus opticus* der einen Hemisphäre bei ganz jungen Kaninchen sämmtliche doppelt contourirte Nervenfasern der Netzhaut des entgegengesetzten Auges schwinden, während die Netzhaut der gleichnamigen Seite vollkommen intact bleibt.

Nicht so übereinstimmende Ergebnisse haben die Fälle geliefert, in welchen ein Sehnerv in Folge der Atrophie seines Auges degenerirt war. Zwar fand sich bei Thieren (vergl. WEBER-HILDEBRANDT's Anatomie III. S. 437 Anmerkung 3 und BIESIADECKI S. 93 u. 94) in den bis jetzt bekannten Fällen stets eine Degeneration des *Tractus opticus* der entgegengesetzten Seite; allein beim Menschen geht entweder der Schwund des Sehnerven nach hinten nicht über das Chiasma hinaus, so dass beide Tractus intact bleiben (dies ist nach LONGET (6) der häufigste Fall, vergl. LONGET Tome II, p. 71) oder es degenerirt der Tractus derselben Seite, oder der entgegengesetzten allein oder beide zusammen. Beispiele

finden sich in der Weber-Hildebrandt'schen Anatomie III. S. 438 und 439 und bei LONGET T. II. p. 68—71 gesammelt. Man glaubte die letzteren Thatsachen nach dem Hannover'schen Schema leicht erklären zu können. Bei Degeneration beider Tractus würde der ganze Sehnerv der einen Seite degenerirt sein, bei Atrophie des gleichnamigen Tractus nur der *Fasciculus dexter* oder *sinister*, bei Atrophie des entgegengesetzten Tractus dagegen die Fasern, welche in diesem Sehnerven der *Commissura cruciata* angehören.

Eine totale Kreuzung der Sehnervenfasern erklärt allerdings nur die Degeneration des Tractus der anderen Seite; indessen beruhen die Angaben in Betreff der Atrophie des gleichnamigen sowie beider Tractus nur auf makroscopischer Untersuchung, und wird wahrscheinlich eine neue genaue mikroscopische Untersuchung ähnlicher Fälle ein mit den andern Untersuchungsresultaten übereinstimmendes Ergebniss liefern.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass, worauf MANDELSTAMM (13) und MICHEL (14) aufmerksam machen, aus der Art der Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma es sich erklärt, warum bei krankhaften Processen, welche auf bestimmte Stellen des Chiasma einwirken, auch ganz bestimmte Hemiopien entstehen, bei krankhaften Processen am rechten äusseren Winkel Hemiopie der beiden rechten Augenhälften, das Umgekehrte bei Affectionen des linken äusseren Winkels; sitzt dagegen der krankhafte Process in der Mittellinie und afficirt den vorderen Theil des Chiasma, so würde die Hemiopie die beiden inneren Netzhauthälften, afficirt sie den hinteren Theil des Chiasma, die beiden äusseren Netzhauthälften betreffen.

Literatur des Chiasma.

1) Carus, Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwickelung und Vollendung. Leipzig 1814.

2) Meckel, Anatomie des Gehirns der Vögel. Deutsches Archiv für die Physiologie. 2. Bd. S. 25. 1815.

3) J. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere. Leipzig 1826. S. 114—141.

4) Hildebrandt's Handbuch der Anatomie des Menschen. 4. Aufl., besorgt von E. H. Weber. 3. Bd. 1831.

5) J. Arnold, Tabulae anatomicae. Fascic. secundus. Tab. IV. Fig. XI. 1839.

6) Longet, Anatomie et physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. 1842.

7) Kölliker, Mikroscopische Anatomie. Bd. II. 1. Hälfte. S. 480. 1850.

8) Hannover, Ueber den Bau des Chiasma opticum mit daran geknüpften Bemerkungen über das Sehen. Das Auge. Leipzig 1852.

9) Sahmen, Disquisitiones microscopicae de chiasmatis optici textura. Dissert. Dorpati 1854.

10) v. Biesiadecki, Ueber das Chiasma nervorum opticorum des Menschen und der Thiere. Wiener Academ. Sitzungsberichte. Math. naturw. Klasse. Bd. 42. S. 86—102. 1 Tafel. 1861.

11) H. Meyer, Eine historische Notiz über eine Varietät des N. opticus. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1870. S. 523.

12) Brown-Séquard, Recherches sur les communications de la rétine avec l'encéphale. Archives de Physiol. 1872. p. 261—262.

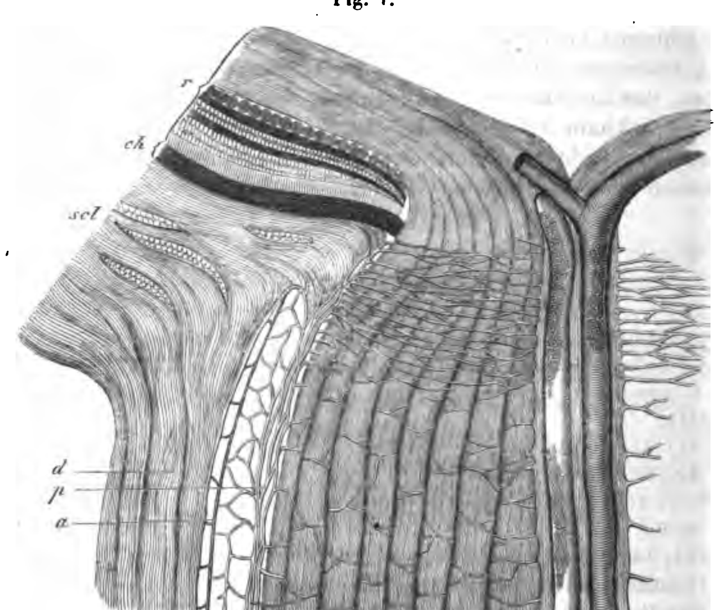
13) Mandelstamm, Ueber Sehnervenkreuzung und Hemiopie. Vorläufige Mittheilung. Medicin. Centralblatt. 1873. No. 22.
14) Michel, Ueber den Bau des Chiasma nervorum opticorum. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XIX, 2. 1873.
15) Henle, Handbuch der Nervenlehre. 2. Lieferung. S. 345—348. 1873.
16) P. Langerhans, Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg 1873. S. 94.

§ 3. Intraorbitaler Theil des Sehnerven.

Allgemeine Anordnung der Scheiden und des intervaginalen Raumes. (Vergl. hierzu Fig. 1.)

Der intraorbitale Theil des Sehnerven ist nach der gewöhnlichen Darstellung durch das Vorhandensein zweier umhüllender Scheiden characterisirt. Mit dem Opticus dringt durch dessen Canal eine Fortsetzung der *Dura mater* in die Augenhöhle hinein, um daselbst mit ihren äusseren Partieen in das Gewebe der Periorbita überzugehen, mit dem grösseren inneren Theile die äussere

Fig. 1.



Durchschnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven (mit Benutzung der Figur 444 in Henle's Eingeweidelehre entworfen). *r* Retina. *ch* Chorioides. *scl* Sklera. *d* Duralscheide, *a* Arachnoidalscheide, *p* Pialscheide des Opticus; zwischen *d* und *a* der Subduralraum, zwischen *a* und *p* der Subarachnoidalraum des Sehnerven. Man sieht ferner den centralen Bindegewebsstrang mit den Centralgefässen.

Scheide des Opticus zu bilden. Man unterscheidet nunmehr am Sehnerven ein äusseres und ein inneres Neurilemm, jenes die Fortsetzung der *Dura mater*, dieses in continuirlichem Zusammenhange mit dem bindegewebigen Ueberzuge des Chiasma. Das äussere Neurilemm (Henle) wird auch als *Vagina fibrosa nervi optici* (Krause) (3) oder als äussere Scheide (Donders) (10) bezeichnet; das innere pflegt gewöhnlich als innere Scheide aufgeführt zu werden. Beide lassen sich meist in der ganzen Ausdehnung des intraorbitalen Thei-

les leicht von einander trennen, freilich nur nach Zerreissung zahlreicher feiner Bälkchen und kleiner Gefässe, welche sich zwischen beiden ausspannen. Nur im *Canalis opticus* ist auf der oberen Seite die äussere Scheide (hier zugleich Periost-Auskleidung des Canales) fest mit der inneren und der Wand des Knochencanales verwachsen, so dass an dieser Stelle der Sehnerv fixirt ist, während er in der Orbita innerhalb seiner *Vagina fibrosa* in geringem Grade sich verschieben lässt. Auf der unteren Seite ist aber auch innerhalb des *Canalis opticus* eine nur lockere Verbindung beider Scheiden vorhanden.

Der Raum zwischen den beiden Scheiden wird gewöhnlich als Intervaginalraum oder als subvaginaler Raum bezeichnet; er ist, wie wir gleich sehen werden, als eine Fortsetzung des Systems der Subarachnoidalräume anzusehn. Es lässt sich nämlich die äussere Scheide mehr oder weniger leicht in zwei Membranen trennen, eine äussere, deren Textur (s. u.) im Allgemeinen mit der der *Dura mater* übereinstimmt, und eine innere, welche ganz den zierlichen Bau der *Arachnoides cerebri* erkennen lässt. Diese beiden Blätter des äusseren Neurilemms, die ich hinfort als Duralscheide und Arachnoidalscheide (Key und Retzius) (23) bezeichnen will, liegen in normalen menschlichen Augen meist dicht an einander, so dass beim Abziehen des äusseren Neurilemms beide zusammen vom Nerven abgelöst werden und zwischen beiden höchstens ein capillarer Spaltraum existirt; in manchen Fällen, die noch als normal bezeichnet zu werden verdienen, bleibt jedoch bei der erwähnten Präparation die sehr zarte Arachnoidalscheide auf dem Nerven zurück; es findet sich dann also ausser dem oben bezeichneten Raume, der nach innen von der Arachnoidalscheide liegt, noch ein zweiter zwischen dieser und der Duralscheide, der von sehr zarten Bindegewebsbälkchen durchzogen wird. Dieser Raum ist, wie Key und Retzius (23) gezeigt haben, die Fortsetzung des Arachnoidal- oder Subdural-Raumes der Schädelhöhle. In der Nähe des Bulbus findet sich jedoch constant eine festere Verlöthung beider Blätter der äusseren Scheide, so dass hier stets nur ein den Subarachnoidalräumen entsprechendes Lückensystem existirt. In den meisten Fällen von Krankheiten des Hirns oder seiner Häute, die mit Stauungserscheinungen innerhalb der Schädelhöhle verbunden sind, findet sich der Subduralraum des Opticus besonders stark erweitert, (Manz) (22), (Michel) (28), so dass hier von einem einfachen, intervaginalen Raume nicht mehr geredet werden kann: hier finden sich in der That zwei durch die dünne Arachnoidalscheide getrennte Spalten nach innen von der äusseren Scheide. Am normalen menschlichen Auge dagegen entspricht der Intervaginalraum immer dem Subarachnoidalraum, da der Subduralraum des Opticus, wenn überhaupt vorhanden, nur eine schmale Spalte darstellt. Anders ist es dagegen bei einigen Thieren. Während beim Schwein der Befund ganz mit dem am menschlichen Opticus übereinstimmt, lässt umgekehrt der Sehnerv des Schaafes (ebenso beim Ochsen, Kalb) einen stark ausgebildeten subduralen und einen sehr schmalen subarachnoidalen Raum erkennen; es besteht hier demnach die leicht abziehbare äussere Scheide nur aus der Fortsetzung der Dura, während die Arachnoidalscheide einen Bestandtheil des sogenannten inneren Neurilemms bildet. Und dennoch bezeichnet man gewöhnlich auch hier den Raum zwischen innerem und äusserem Neurilemm als Intervaginal- oder subvaginalen Raum. Beim Menschen würde letzterer also ganz etwas Anderes bedeuten wie bei einigen Thieren. Es em-

pfiehlt sich deshalb diesen letzteren Namen ganz fallen zu lassen und die beiden Räume, welche zwischen Duralscheide und Sehnerv sich vorfinden können, als **Subdural- und Subarachnoidalraum des Opticus** zu bezeichnen.

Das **innere Neurilemm** des Sehnerven ist beim Menschen in den meisten Fällen als eine unmittelbare Fortsetzung der *Pia mater* anzusehen und dann als **Pialscheide des Sehnerven** zu bezeichnen. Nur in den, meist pathologischen Fällen, in welchen die Arachnoidalscheide beim Abziehen der *Vagina fibrosa* nicht dieser folgt, sondern auf dem Opticus zurückbleibt, ist das innere Neurilemm complicirter gebaut und besteht dann also aus Arachnoidal- und Pialscheide. Bei einigen Thieren z. B. beim Schaaf (s. o.) ist dies immer der Fall.

Die verschiedene Bedeutung, welche der sogenannte inter- oder subvaginale Raum besitzt, muss sehr berücksichtigt werden bei der Beurtheilung der Injectionsresultate, welche man am Auge, im Opticus und seinen Scheiden durch Injection mittelst einer »unter die äussere Scheide« eingeführten Canüle erhält. Es ist klar, dass man beim Menschen meist die subarachnoidalen Räume zunächst injiciren wird, in vielen Fällen diese mit dem subduralen Raume zusammen (wegen der leichten Zerreisslichkeit der Arachnoidalscheide) und nur in einigen pathologischen Fällen letzteren allein; beim Schaaf wird auf diese Weise stets der letztere ausschliesslich gefüllt. Es geht daraus hervor, dass man je nach der eintretenden Eventualität ganz verschiedene Injectionsresultate erhalten wird, woraus sich die Angaben der verschiedenen Forscher über diesen Gegenstand (s. u.) erklären.

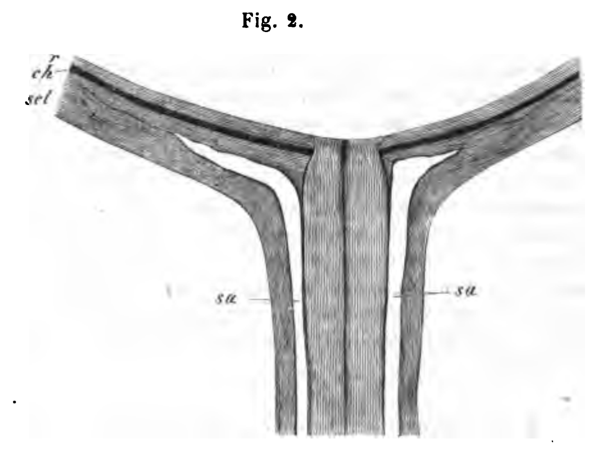
§ 4. Verhalten der Scheiden beim Eintritt des Opticus in den Bulbus.

Die Art und Weise, wie sich die im vorigen Abschnitt in ihrer gröberen Anordnung geschilderten Scheiden des Sehnerven beim Eintritt des letzteren in den Augapfel verhalten, erkennt man am besten an Längsschnitten, welche durch die Axe des Sehnerven und die Mitte der *Papilla optici* geführt sind. Man sieht dann leicht, dass nahe am Bulbus der von einem zierlichen Balkennetz durchsetzte Subarachnoidalraum unter ampullenförmiger Ausbuchtung der äusseren Scheide etwas weiter wird, während vom Subduralraume nichts mehr zu erkennen ist; denn Dural- und Arachnoidalscheide sind hier fester verschmolzen, als an den anderen Stellen. Die so zusammengesetzte äussere Scheide geht nun mit ihren Fasern einfach in die Faserung der äusseren zwei Dritttheile der Sclerotica über: äussere Scheide des Sehnerven und Sklera hängen continuirlich zusammen (s. Fig. 1). Das innere Neurilemm oder die Pialscheide schmiegt sich der Oberfläche des Sehnerven innig an und umhüllt denselben bis in die Nähe der Chorioides; hier biegt der grössere Theil der Fasern in das innerste Drittel der Sklera um (s. Fig. 1), nur einige wenige lassen sich in das Gewebe der Aderhaut, die an dieser Stelle fest mit der Faserhaut verwachsen ist, verfolgen. Von der Betheiligung der Pialscheide an der Bildung des Bindegewebes **innerhalb** des Nervenstammes wird unten die Rede sein. Der Subarachnoidalraum dringt, indem er sich in der Höhe der äusseren Skleralfläche wieder allmählich verschmälert, bis dicht an die Chorioides keilförmig zwischen die beiden Scheiden hinein, von der Aderhaut nur noch durch jene dünne Lamelle der Sklera, die mit der Pialscheide continuirlich ist, geschieden. Aus dieser eigenthümlichen Anordnung folgt also, dass die Sklera nur mit dem dünnen innersten Theile rahmenartig unmittelbar den Sehnerven umgibt; aus den äusseren 2 Dritttheilen der Sclerotica

ist derselbe stets leicht herauszuschälen, da er ja hier nur durch das den intervaginalen Raum durchsetzende leicht zerreissliche Balkennetz mit der Sklera in Zusammenhang steht (s. Fig. 1).

Nach der eben gegebenen Beschreibung endigt der subvaginale Raum zugespitzt zwischen Sklera und Pialscheide. Diese Form des intraocularen Endes des genannten Raumes, wie sie v. Jaeger (14) als characteristisch für normalsichtige Augen beschreibt und abbildet, ist aber nicht constant. Sie ist vielmehr ausserordentlich variabel und zwar innerhalb der vollkommen normalsichtigen Augen (Michel) (25). Man hat besonders zwei auffallende Formen hier zu merken, welche vollkommen normalsichtige Augen zeigen können, die aber bei Kurzsichtigen constant gefunden werden. In dem einen Falle (s. Fig. 2 auf der rechten Seite) ist das intraoculare Ende des subvaginalen Raumes auf dem Längsschnitt mit dreieckiger Anschwellung versehn. Die Hypotenuse des Dreiecks wird dann durch die sich schräg zur Sclerotica hinüberbrückende fibröse Scheide des Sehnerven gebildet, die eine Kathete von dem inneren Neurilemm, die andere vom innersten Theile der Sklera (Jaeger Tafel II, Fig. 23, 25, 29). Die zweite extreme Form (Fig. 2 auf der linken Seite) kann man sich dadurch aus der ersten entstanden denken, dass das die Hypotenuse des Dreiecks darstellende Stück der äusseren Scheide unter einem rechten Winkel nach innen eingeknickt ist, so dass dadurch das intraoculare Ende des genannten Raumes in zwei unter einem rechten Winkel zusammenstossende und communicirende Spalten zerfällt, deren eine die geradlinige Fortsetzung des subvaginalen Raumes ist, also parallel der Opticusaxe steht, während die andere zwischen inneres und äusseres Blatt der Sklera sich keilförmig einschiebend, senkrecht zur Axe des Sehnerven steht (vgl. Jaeger Tafel II. Fig. 27, Michel Fig. III). Zwischen beiden extremen Formen können alle möglichen Uebergänge vorkommen; auch finden sich in Betreff der Dicke des unmittelbar den Sehnerven umrahmenden Stückes der Sclerotica bei den einzelnen Augen sehr grosse Verschiedenheiten.

Fig. 2.



Schnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven eines menschlichen Auges, um die verschiedenen Formen des Endes des Subarachnoidalraumes in der Sklera zu zeigen (nach Michel (25)), die rechte Hälfte mit Benutzung einer Jaeger'schen Figur. *sa* Subarachnoidalraum. *scl* Sclerotica. *ch* Chorioidea. *r* Retina. Vierfache Vergrösserung.

Noch mannichfaltiger wird die Configuration des intraocularen Endes unseres subarachnoidalen Raumes dadurch, dass an ein und demselben Auge beide extreme Formen neben einander an verschiedenen Stellen des Sehnerven-Eintritts auftreten können (Jaeger Taf. II, Fig. 23). Ja selbst dann, wenn sich nur der rechtwinklig oder stumpfwinklig geknickte Spalt vorfindet, trifft man meist auf

der einen Seite des Auges den betreffenden Spalt ganz anders entwickelt wie auf der anderen. In der Regel findet man auf der äusseren Seite des Bulbus das Endstück des Spaltes viel weiter in die Sklera hineingeschoben, wie auf der inneren der Medianlinie zugekehrten, ein Verhalten, das besonders nach Injectionen des betreffenden Raumes sehr schön hervortritt (vergl. MICHEL (25 Fig. III).

In Betreff des Uebergangs der äusseren Opticusscheide in die Sklera wurde oben gesagt, dass beider Faserung unmittelbar in einander übergeht. Dies ist aber nach v. AMMON (13 in frühen Entwicklungsstadien nicht der Fall: äussere Opticusscheide und Faserhaut entstehen getrennt und vereinigen sich erst später, indem erstere dem *Fundus sclerae* zuwächst. Die Vereinigungsstelle macht dann noch einige Zeit den Eindruck einer Naht, die erst später verwischt wird.

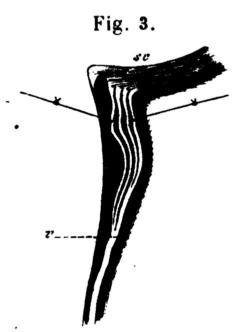
Während man früher allgemein auch am erwachsenen Auge die Verbindung der *Tunica fibrosa nervi optici* mit der Sklera sich als eine Verklebung dachte, äusserte sich zuerst HILDEBRANDT (Anatomie. Bd. III. 1803) dahin, dass die fibröse Scheide sich direct in die Sklera fortsetze. Noch entschiedener sprach ARNOLD (1) den unklaren Anschauungen der damaligen Zeit gegenüber sich dahin aus, dass die Sclerotica die Ausbreitung des den Sehnerven als Scheide umgebenden Fortsatzes der *Dura mater cerebralis* sei (vergl. LOEWIG p. 119). Aber erst DONDERS (10) gab eine genaue allen Anforderungen genügende Darstellung der dabei vorkommenden Verhältnisse. v. JAEGER (14) theilte genaue Darstellungen des Sehnerveneintritts bei myopischen Augen mit und MICHEL (25) wies das Vorkommen der nach JAEGER für das myopische Auge characteristischen Formen auch für das normale nach. Bei den untersuchten Thieren (Schaaf, Schwein) bildet das obere Ende des subvaginalen Raumes immer nur eine schmale Längsspalte.

§ 5. Feinerer Bau der Opticusscheiden.

1) Die Duralscheide.

Die Duralscheide ist die dickste der Umhüllungen des Sehnerven. Wie sie die continuirliche Fortsetzung der *Dura mater* ist und ebenso continuirlich in die Sclerotica übergeht, zeigt sie auch schon äusserlich die Charactere dieser beiden Membranen. Ihre Dicke ist nicht an allen Stellen die nämliche; sie beträgt im Durchschnitt 0,5 Mm. (HENLE) (16). Gegen den Augapfel zu nimmt ihre Dicke zu; die bisher einfache fibröse Haut spaltet sich nunmehr etwa 6 bis 7 Mm. von der Eintrittsstelle des Opticus in die Sklera successive in 2, 3 und schliesslich 4 Lamellen, welche durch schmale Spalträume getrennt sind (MICHEL). Jedes dieser Blätter geht continuirlich in die Sklera über (Fig. 3).

Fig. 3.

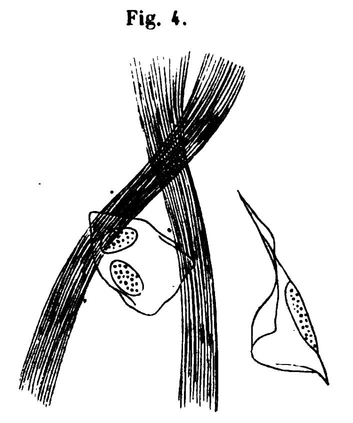


Zerfall der Duralscheide des Sehnerven in vier Lamellen beim Uebergang in die Sclerotica (nach Michel (25)). v Duralscheide. sc Sclerotica. Zweifache Vergrösserung.

Das Gewebe der Duralscheide ist fibrilläres Bindegewebe, dessen Fibrillenbündel fest mit einander verwebt sind. In dem dem Augapfel benachbarten Scheidenstück kann man nach dem Verlauf der Fibrillen zwei Schichten unterscheiden, eine äussere, in welcher die Fibrillenbündel im Allgemeinen der Längsaxe des Opticus folgen, sich unter sehr spitzen Winkeln theilend und wieder verbindend, und eine innere Schicht, in welcher die circuläre Faserrichtung überwiegt. Letztere wird jedoch vom Bulbus an nach dem *Canalis*

opticus zu immer dünner und hört in einer Entfernung von etwa 7 Mm. vom Augapfel ganz auf; von dieser Stelle an ist also die Duralscheide überwiegend längsfaserig. Zwischen und in den Bündeln fibrillären Bindegewebes finden sich zahlreiche feine elastische Fasern, welche in verschiedensten Richtungen sich kreuzend ein complicirtes Netzwerk formiren, dessen Beziehungen zu den Bindegewebsbündeln und den zwischen ihnen befindlichen Spalten noch nicht näher erforscht sind. Diese Spalten erscheinen an Präparaten, die mit verdünnten Säuren behandelt sind, in der Form der sogenannten spindelförmigen Bindegewebskörperchen, als langgezogene Spindeln, die mittelst ihrer Enden mit den in derselben Reihe liegenden anastomosiren; innerhalb der spindelförmigen Anschwellung wird (besonders schön nach Carminfärbung) ein elliptischer Kern sichtbar. Durch Einstichsinjectionen (s. u.) gelingt es indessen diese vermeintlichen anastomosirenden Zellen reinlich zu injiciren; injicirte Carminpräparate zeigen dann den Kern an einer Seite der mit der farbigen Masse erfüllten Spalte. Zerzupft man ein Stückchen der Duralscheide, nachdem dasselbe einige Tage in einer 3—5 procentigen Lösung von Kali bichromicum gelegen hat, so gewinnt man leicht zahlreiche platte glashelle Zellen, auf die man bei der Flächenansicht oft erst durch die Faltungen der Zellplatten oder durch den ovalen granulirten Kern aufmerksam wird (Fig. 4). Sie sind so dünn, dass sie im Profil nur als eine Linie erscheinen, die durch den nach beiden Seiten des Plättchens stark hervorragenden Kern unterbrochen ist. Diese Zellplättchen liegen den platten Fibrillenbündeln unmittelbar auf, mit der einen Seite an sie angelöthet, mit der anderen frei dem Spaltensystem zugekehrt (MICHEL) (25). Ob jedes Fibrillenbündel ganz und gar durch eine zarte elastische Membran, die unmittelbare Fortsetzung jener zarten Zellplättchen, umscheidet wird, konnte noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Auf der inneren glatten Fläche der *Vagina fibrosa* kann man leicht durch Silberimprägnation ein Silbernetz mit sehr langgezogenen Maschenräumen darstellen und dem entsprechend lässt sich nach Maceration in 3 procentigen Kalibichr.-Lösungen hier ein zartes Endothelhäutchen ablösen, das sehr leicht in zarte Zellplatten zerfällt (SCHWALBE) (20). Es bildet die äussere Begrenzung der Fortsetzung des Subduralraumes, deren innere durch die Arachnoidalscheide hergestellt wird.

Fig. 4.



Fibrillenbündel und Zellplatten der Duralscheide des Opticus (nach Michel). Hartnack, Ocular 2. Objectiv 8.

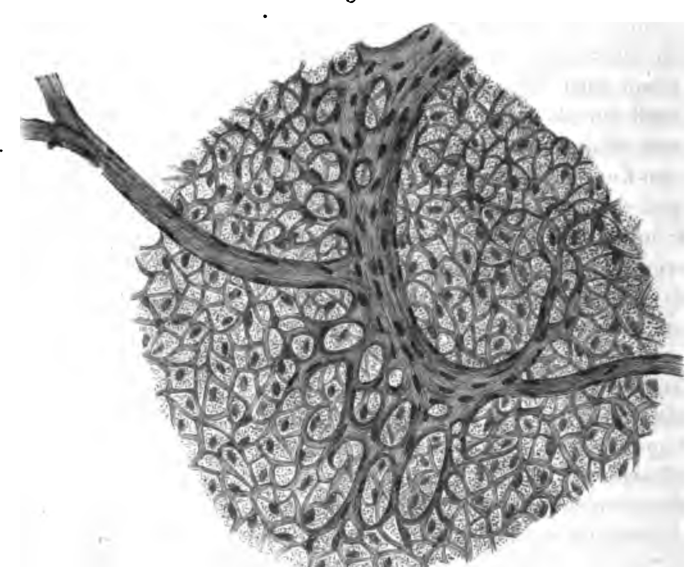
Die Gefässe der *Tunica fibrosa* sind in ihrem Verlauf und in ihrer Anordnung noch nicht genau untersucht; die Capillaren sollen sich hier nach SAPPEY (18) durch ihre Weite und sehr wechselndes Caliber auszeichnen. Auf den Reichthum der Duralscheide an markhaltigen Nervenfasern hat SAPPEY zuerst aufmerksam gemacht. Von den Ciliarnerven treten zahlreiche feine Stämmchen zunächst auf die äussere Oberfläche der Scheide und verbreiten sich dann, im Allgemeinen dem Verlaufe der Gefässe folgend (LEBER) (19), unter vielfacher Theilung und plexusartiger Verbindung bis in die innersten Schichten der Scheide, wo man die feinsten Nervenstämmchen antrifft.

SAPPEY behauptet irriger Weise, dass die elastischen Fasern der Sklera und Dura gänzlich fehlen und folgert daraus sogar, dass die *Vagina fibrosa* nicht die Fortsetzung der Dura sein könne. Die wahre Natur der zelligen Elemente der Duralscheide ist von MICHEL (25) aufgeklärt worden; bis dahin beschrieb man dieselben im Allgemeinen nach dem Virchow'schen Bindegewebsschema. LEBER (19) behauptete sogar, dass Kerne oder Zellen, abgesehen von der nächsten Umgebung der Gefässe, in der äusseren Sehnervenscheide nur in sehr geringer Menge vorkommen.

2) Die Arachnoidalscheide und das subarachnoidale Balkennetz.

Die Arachnoidalscheide des Sehnerven ist eine sehr zierliche Bildung. Wie die Duralscheide mit der *Dura mater* und Sklera, so zeigt die Arachnoidalscheide mit der Arachnoides des Gehirnes und Rückenmarkes viel Verwandtes. Sie stellt ein sehr zartes dünnes Häutchen dar, dessen Gerüst aus zahlreichen feinen Bündeln fibrillären Bindegewebes besteht, die zu einem höchst zierlichen Netz verflochten sind (s. Fig. 5). Dieses Netzwerk schliesst kreisrunde oder ovale

Fig. 5.



Arachnoidalscheide des Sehnerven vom Menschen mit abtretenden subarachnoidalen Balken. Zeiss. D. Ocular 2.

Maschenräume ein, welche durch nichts weiter wie durch ein zartes in der Ebene dieser Scheide liegendes Endothelhäutchen ausgefüllt werden, das sich innerhalb der Maschen ausspannt und auf der äusseren der Duralscheide zugekehrten Oberfläche auch über die Bälkchen hinweg fortsetzt. Zwischen den letzteren ist also der Subduralraum vom Subarachnoidalraum nur durch dieses zarte Endothel getrennt, das eine deutliche Sonderung in Zellen nicht erkennen lässt, sondern zahlreiche ovale Kerne in den Maschenräumen zerstreut zeigt. Wahrscheinlich ist überdies das Endothel an einzelnen Stellen defect, so dass durch feine Löcher eine Communication beider Räume hergestellt wird.

Die nach aussen gekehrte Seite des beschriebenen Häutchens, steht durch mehr oder weniger zahlreiche feine Bälkchen mit der Duralscheide in Verbindung. Dieselben bestehen je aus einem Bündel von Bindegewebsfibrillen und sind unverästelt; sie sind stets feiner, wie die auf der inneren Seite der Arachnoidalscheide entspringenden sich netzförmig verbindenden Balken. Ihre Verbindung mit der Arachnoidalscheide geschieht in der Weise, dass sie unter pinselförmigem Zerfall in die feinen verflochtenen Bälkchen dieser Scheide direct übergehen.

Etwas verwickelter ist die Verbindung der subarachnoidalen Balken mit der Arachnoidalscheide (s. Fig. 5). Die feinen Bälkchen der letzteren verschmelzen zunächst auf der inneren Seite dieses Häutchens zu einzelnen etwas stärkeren Fibrillenbündeln, welche sich der Innenseite der ersteren anschmiegen, aber nicht isolirt verlaufen, sondern zu 3—8 sich an einander legen und dadurch einen breiten platten complicirt zusammengesetzten Balken auf der Innenseite dieser Scheide bilden, der nicht selten mit mehreren (2—3) Wurzeln von der Arachnoidalscheide entspringt. Erst aus ihnen entwickeln sich die subvaginalen Balken, die durch ihre zahlreichen Verästelungen und netzförmigen Verbindungen characterisirt sind. Sie erscheinen auch nicht mehr aus kleineren getrennten Bündeln zusammengesetzt, sondern von einem dicken Fibrillenbündel gebildet. Zu bemerken ist ferner, dass diese Balken von aussen nach innen an Dicke abnehmen; am mächtigsten sind sie unmittelbar nach ihrem Ursprunge aus der Arachnoidalscheide. Die Balken sind sämmtlich von einer continuirlichen Endothelscheide überzogen, die sich jedoch schwer in einzelne Plättchen zerlegen lässt; sie stellt vielmehr eine elastische kernhaltige Hülle dar; die Kerne prominiren über die Ebene dieser Membran. Nach Behandlung mit Essigsäure zeigen die intervaginalen Balken eine Erscheinung, wie man sie seit lange von den Balken der Subarachnoidalräume kennt: sie quellen stark, zeigen dabei aber von Stelle zu Stelle ringförmige glänzende Einschnürungen, welche auch nach Entfernung des Endothels in derselben Weise entstehn. Dies sind die sog. umspinnenden Fasern Henle's, welche bereits Donders (10) erwähnt, für die aber immer noch keine genügende Erklärung vorliegt.

Die Endothelscheide der intervaginalen Balken ist vielfach (Donders (10), Leber (19)) als unvollständig beschrieben worden; dies hat darin seinen Grund, dass dieselbe in unseren conservirenden Flüssigkeiten (*Kali bichromicum*, Müller'sche Lösung) sich sehr leicht von ihrer Unterlage loslöst und abfällt; operirt man vorsichtig, so wird man immer einen vollständigen Ueberzug bemerken; dazu eignet sich besonders die Behandlung mit starken Lösungen von doppeltchromsauren Kali (5%); überzeugende hübsche Präparate erhält man auch, wenn man das Balkenwerk möglichst frisch in Alkohol legt und darauf nach der Methode von Schweigger-Seidel mit Carmin behandelt. In dem angesäuerten Glycerin hebt sich überall das zarte Häutchen mit den schön roth gefärbten Kernen ein wenig von der Oberfläche des Balkens ab.

Gar nicht selten findet man auf der Oberfläche dieser Fibrillenbündel innerhalb des Endothels mehrere Kerne nahe bei einander und erscheint an diesen Stellen das Häutchen protoplasmatisch. An anderen Stellen finden sich geradezu protoplasmareiche von vielen Kernen durchsetzte buckelförmige Anschwellungen. Man hat es in diesen Fällen wahrscheinlich mit pathologischen Erscheinungen, mit einer Wucherung des Endothels zu thun; wenigstens findet sich die gleiche Eigenthümlichkeit nach Michel (28) bei entzündlichen Affectionen, sowie bei Tumoren der Opticusscheiden.

In den Fällen, wo die buckelförmigen Anschwellungen des Endothels besonders stark

ausgebildet waren, fand ich noch eine andere auffallende Erscheinung an den Balken. Zwischen Fibrillenbündeln und Endothel befand sich noch eine Lage scheinbar circulärer Fasern, die elastischer Natur zu sein schien und an den dicksten Balken nicht selten so stark entwickelt war, dass ihr Durchmesser dem des umhüllten Fibrillenbündels gleichkam. —

Auf die Bedeutung des beschriebenen Häutchens als Analogon der *Arachnoides cerebri* haben zuerst AXEL KEY und RETZIUS (28) hingewiesen. Ich selbst hatte es früher als eine von der inneren Fläche der fibrösen Sehnervenscheide leicht ablösbare elastische Platte beschrieben (20) und machte bereits damals darauf aufmerksam, dass aus ihr die subvaginalen Balken sich in ganz ähnlicher Weise entwickeln, wie die Balken des *Lig. pectinatum* aus der Descemet'schen Membran.

3) Die Pialscheide.

Sie umschliesst die Nervenfaserbündel des Opticus unmittelbar und sendet zahlreiche Fortsätze zwischen dieselben hinein. Wie die Pia des Rückenmarks (HENLE und MERKEL) [1]) lässt sie sich leicht in zwei Schichten zerlegen, eine äussere dickere und derbere und eine innere, aus zartem, lockerem Bindegewebe bestehend. Versucht man die Pialscheide vom Sehnerven abzuziehen, so gelingt dies nie vollständig, indem der grössere Theil der inneren Abtheilung immer auf der Oberfläche des Nerven haften bleibt. Diese innerste Schicht der Pialscheide besteht aus zarten Bindegewebsfibrillen, die parallel der Längsaxe des Opticus verlaufen, während in der derben äusseren Schicht die Ringfasern überwiegen. Dieselben sind hier zu einer festen fibrösen, an elastischen Elementen reichen Platte verwebt, in welche auf der äusseren Seite sich die subarachnoidalen Balken hineinsenken, indem sie sich einfach ausfasern, so dass ihre Fibrillen in die Fibrillen der Platte übergehen. Auf dieser Seite lässt sich eine Endothelbekleidung nachweisen, so dass dadurch auch das subvaginale Lückensystem eine vollständige Endothelauskleidung erhält. Die Gefässe der Pialscheide stammen aus den Ciliararterien. Dieselben geben nämlich erstens während ihres Verlaufes auf der äusseren Seite der *Vagina fibrosa optici* feine Aestchen zur Duralscheide, von denen einige diese und die ganz gefässlose Arachnoidalscheide durchbohren, um zur Pia zu gelangen; andererseits entspringen aber noch rückläufige Aestchen am hinteren Augenpole von den kurzen Ciliararterien kurz vor deren Eintritt in die Sklera. Beide Arten von Zweigen bilden nicht nur ein weites Capillarnetz mit langgezogenen Maschen innerhalb der Pia, sondern geben noch zahlreiche Verbindungsästchen zum Capillarnetz des Sehnerven selbst ab. Bei den meisten Thieren sind namentlich zwei stärkere longitudinal verlaufende Gefässchen der Pialscheide ausgezeichnet, die einander diametral gegenüberliegend, auf der oberen und unteren Seite des Sehnerven verlaufen.

§ 6. Nervenstamm.

Am Stamme des Sehnerven lassen sich vom Centralcanal an bis zur Ausbreitung in die Retina mehrere Abschnitte wohl unterscheiden. Macht man einen Längsschnitt durch das Centrum des ganzen intraorbitalen Abschnitts des Opticus bis zu seinem Uebergang in die Retina, so fällt zunächst auf, dass in der Höhe des Uebergangs der *Vagina fibrosa* in die Sclerotica die weisse Farbe der Schnittfläche

---

1) Zeitschrift für ration. Medicin. XXXIV, 49.

mit einer scharfen Linie aufhört und einer grau durchscheinenden Platz macht. Die erwähnte Grenzlinie ist in sehr geringem Grade concav gegen das Innere des Augapfels hin und deutet an, dass hier die Nervenfasern des Opticus ihre Markscheide verlieren. Man kann also zunächst einen markhaltigen und marklosen Theil des Opticus unterscheiden. Letzterer zerfällt wieder in zwei weniger scharf getrennte Abschnitte, 1) in das von der Sklera und Chorioides umrahmte Stück, dessen Bindegewebe von der einen oder von beiden genannten Häuten Verstärkungen erhält: die Gegend der sogenannten *Lamina cribrosa* und 2) in die *Papilla optici*, von welcher aus die Ausstrahlung der Opticusfaserbündel in die Ebene der Retina statt findet. Da letztere ganz nach innen von der Chorioides liegt, soll sie in der Beschreibung der Netzhaut eine nähere Berücksichtigung finden. Hier ist die *Lamina cribrosa* und der markhaltige Theil des Sehnerven abzuhandeln. Letzterer zerfällt wieder in zwei Abschnitte, die an den Augen verschiedener Individuen eine verschiedene Ausdehnung besitzen. Das dem Augapfel benachbarte Stück enthält nämlich in einem centralen Bindegewebsstrang die *Arteria* und *Vena centralis retinae* eingeschlossen, den sogenannten Centralcanal, während der grössere Theil des Sehnerven ohne einen solchen axialen Gefässstrang ist. Die Grenze beider Abschnitte kann sich in sehr verschiedenen Entfernungen vom Bulbus befinden. Nach HENLE tritt die Centralarterie in einer Entfernung von 15 bis 20 Mm. vom Augapfel in den Nervenstamm ein; ich fand diese Entfernung öfter viel geringer, in einem Falle nur 7 Mm.

I. Der markhaltige Theil des Sehnerven.

Bei der Beschreibung dieses Theiles ist es zweckmässig, zunächst von der Beschaffenheit des Sehnerven centralwärts vom Eintritt der Centralgefässe auszugehen.

A) Macht man einen Querschnitt durch diese Gegend, so erhält man ein Bild, welches sich von Querschnittsbildern anderer Nerven in ganz auffallender Weise unterscheidet. Zwar erkennt man in beiden Fällen Nervenfaserbündel in ein bindegewebiges Stroma eingebettet; allein während bei einem gewöhnlichen Nerven die Zahl der Nervenfaserbündel auf dem Querschnitt eine geringe ist und ein jedes der letzteren von einer starken lamellös geschichteten Scheide umschlossen wird, zeigt der Sehnerv ausserordentlich zahlreiche, viel dünnere Nervenfaserbündel, denen stets die lamellöse Scheide fehlt, die vielmehr nur locker in das eigenthümliche Bindegewebsgerüst hineingesteckt sind (vergl. Fig. 6 und 7). Nach einer ungefähren Schätzung sind in einem Opticus-Querschnitt des Menschen (circa 3 Mm. im Durchmesser) etwa 800 Nervenfaserbündel durchschnitten, während die Zahl der Nervenfaserbündel auf dem Querschnitt des viel dickeren menschlichen Ischiadicus nach einer Zeichnung von KEY und RETZIUS [1]) nur 53 beträgt.

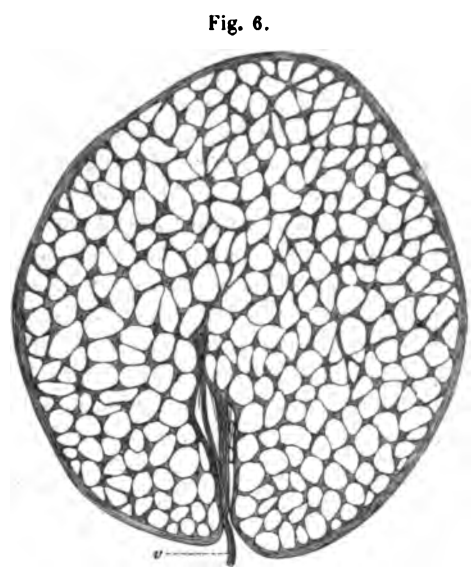
a) Bindegewebe.

Das Bindegewebsgerüst des Sehnervenstromas nimmt, wie erwähnt, seinen Ursprung von der inneren längsfaserigen Schicht der Pialscheide. Es ist ein derbes straffes fibrilläres Gewebe, dessen Fibrillen durch eine sehr resistente

[1]) M. SCHULTZE's Archiv. Bd. IX. 2. Heft. Tafel XVII. Fig. 24.

Kittsubstanz viel fester zusammengehalten werden, als die des gewöhnlichen Bindegewebes; es gleicht in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften vielmehr dem Gewebe der Balken des *Ligamentum pectinatum* (vgl. Rollett in Stricker's Gewebelehre p. 50 und Schwalbe in M. Schultze's Archiv Bd. VI. p. 277).

Fig. 6.



Querschnitt des menschlichen Sehnerven dicht hinter dem Eintritt der Centralgefässe. Ueberall sieht man die Pialscheide im Zusammenhang mit dem Bindegewebsnetz des Sehnerven; an der unteren Seite dringt ein stärkerer Bindegewebsfortsatz hinein; bei *v* ist ein Stück der Centralvene zu erkennen. 21 mal vergrössert.

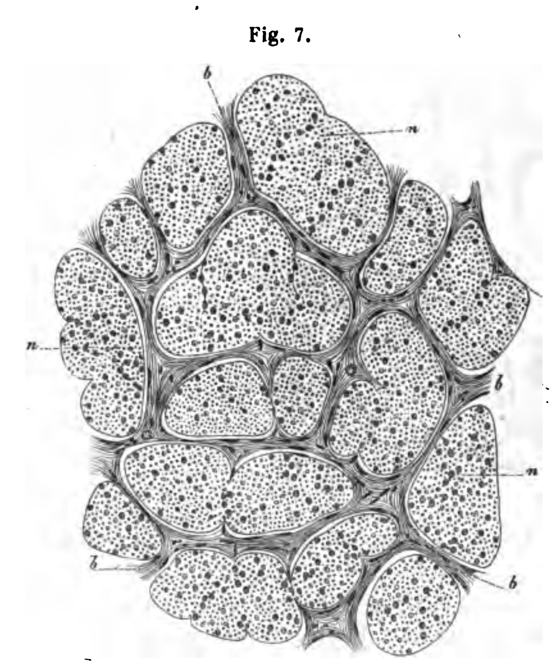
Die Anordnung des die Nervenfaserbündel des Opticus umhüllenden Bindegewebes ist eine sehr eigenthümliche. Auf dem Querschnitt (s. Fig. 6) erkennt man ein von der Pialscheide ausgehendes Netz von Bindegewebsbalken, in dessen Maschenräumen die Nervenfaserbündel Platz finden. Dieses Netz ist an Schnitten durch Sehnerven, welche in Alkohol oder Chromsäure erhärtet wurden, überall scharf gegen das Nervengewebe abgegrenzt; man erkennt sogar an den meisten Stellen, am besten an Injections-Präparaten (s. unten), capillare Spalten zwischen beiden Gewebsformen (s. Figur 7); an vielen Stellen wird aber ein von einem dickeren Bindegewebsringe umgürteter Nervenbündel-Querschnitt durch einige dünnere Bindegewebsfortsätze in mehrere (2—6) secundäre Bündel abgegrenzt. Die Knotenpuncte des Bindegewebsgerüstes erscheinen auf dem Querschnitt drei- bis fünfstrahlig. Die Faserung der Septen ist im Allgemeinen parallel der Schnittebene; die Fibrillen selbst weichen in den Knotenpuncten auseinander, und hier kann man denn nicht selten die Querschnitte einer oder mehrerer Bindegewebsbündel wahrnehmen, welche also parallel der Längsaxe des Opticus verlaufen. Das Bindegewebe ist ferner der Träger der Gefässe des Sehnerven; dieselben verbreiten sich genau innerhalb des bindegewebigen Gerüstes und dringen mit den feinen Septen zwischen die secundären Nervenbündel hinein, nie aber in das Innere eines solchen. In den Knotenpuncten finden sich meist die Querschnitte der grösseren Gefässe.

Ausser den genannten Elementen bemerkt man auf Querschnitten, die mittelst Carmin gefärbt sind, noch zahlreiche elliptische, meist langgezogene Kerne, und zwar finden sich dieselben nicht bloss in der Umgebung der Gefässe, und in deren Wandungen (Leber), sondern auch an gefässfreien Stellen, zwischen den Fibrillen und besonders an der den Nervenbündeln zugekehrten Oberfläche, der man nicht selten in regelmässigen Abständen spindelförmige Kerne aufgelagert findet (Fig. 7).

Auf Längsschnitten gewährt das Bindegewebsgerüst ein ganz anderes Aus-

sehen. Die parallel neben einander liegenden Nervenbündel werden hier in bestimmten Abständen durch längsverlaufende Bindegewebszüge von einander getrennt (Fig. 9), und in diesen erkennt man quer- und längsgetroffene Gefässe Ist der Schnitt etwas dicker ausgefallen, so sieht man über und unter den Nervenbündeln hinweg zahlreiche quere Balken von einem longitudinalen Balken zum andern ziehen, so dass nicht selten ein Nervenfaserbündel durch diese Bindegewebsbalken wie quer gebändert aussieht (vgl. Fig. 1 in der unteren Hälfte).

Fig. 7.



Theil eines Querschnitts durch den menschlichen Sehnerven. *b* Bindegewebsbündel. *n* Nervenfaserbündel. In ersteren bemerkt man lange spindelförmige Kerne, in letzteren kürzere mehr rundliche (im Holzschnitt fälschlich kreisförmig dargestellt). In einigen Knotenpuncten der Bindegewebsbalken erkennt man Gefäss-Querschnitte, sowie die Querschnitte von Kernen, welche longitudinalen Bündeln angehören.

Längsschnitte gewähren indessen immer noch keinen vollständigen Ueberblick über die merkwürdige Anordnung dieses Bindegewebes. Es ist nothwendig, dasselbe frei von Nervenfasern zur Anschauung zu bringen. Das geschieht am besten, indem man dicke Längsschnitte eines Opticus, der einige Zeit in sehr dünnen Chromsäurelösungen ($\frac{1}{10}$ pc.) macerirt wurde, durch sanftes Streichen mit der Präparirnadel von den weich gewordenen Nervenfasern befreit; es bleibt dann das starre Bindegewebsgerüst allein zurück (Fig. 8) und zeigt sich nun deutlich zusammengesetzt aus Bindegewebssäulen (Klebs) (12), welche parallel der Längsaxe des Opticus verlaufen; und zahlreichen gröberen und feinen einfachen oder getheilten Querbalken, welche die Bindegewebssäulen unter einander verbinden. In den longitudinalen Balken ist aber keineswegs eine Längsfaserung allgemein zu erkennen; es strahlt vielmehr gewöhnlich die Faserung der queren Balken in der allermannichfachsten Weise in die Längsbalken aus (Fig. 8); nur in den dicksten Bindegewebssäulen finden sich ein oder mehrere Längsfibrillenbündel, die durch ihren lockigen Verlauf sich schon hinreichend von den starrfaserigen Balken unterscheiden.

Die Querbalken, welche gewissermaassen wie Reifen um die Nervenfaserbündel herum gelegt sind, darf man sich aber auch nicht drehrund vorstellen: sie sind vielmehr mehr oder weniger breite Platten, deren Fläche der Oberfläche der Nervenbündel zugekehrt ist, und die mit dreieckiger Verbreiterung in die longitudinalen Säulen übergehen. Nicht selten geben diese Querreifen unter spitzem Winkel feinere Bälkchen ab, die sich mit benachbarten verbinden. Da überall

diese Verbindungen vermittelst einer dreieckigen Verbreiterung statt finden, so bleiben zwischen den Balken runde oder ovale Löcher von verschiedenem Durchmesser frei, in deren Bereich also die Nervenbündel nicht durch Bindegewebe, sondern nur durch einen capillaren mit Lymphe erfüllten Raum von einander getrennt werden.

Fig 8.



Bindegewebsgerüst des Sehnerven, isolirt dargestellt. Zeiss. Objectiv C. Ocular 2.

Bei dem eben beschriebenen Isolationsverfahren lösen sich leider die zelligen Elemente von der Oberfläche der Fibrillen; es war deshalb nicht möglich, fest zu stellen, ob die regelmässig auf der Oberfläche der Bindegewebsbalken vorkommenden spindelförmigen Kerne etwa einem umhüllenden Endothel angehören, zumal da auch die Silbermethode (Einstich-Injectionen von *Argentum nitricum* $\frac{1}{4}$—1 pc. in den Opticus) keine Resultate ergab. Doch gelingt es nicht schwer, kernhaltige Plättchen aus diesem Gewebe zu isoliren, deren Lage freilich schwer zu bestimmen ist.

§ 7. b) Nervenfaserbündel.

Im Inneren der beschriebenen Bindegewebskörbe verlaufen die Nervenfaserbündel, meist deutlich durch einen capillaren Raum von dem Bindegewebe geschieden. Ihre Anordnung auf dem Querschnitt ist also durch die des Bindegewebes vollständig gegeben. Ihre Form ist eine sehr mannichfaltige; man findet neben kreisrunden oder ovalen Querschnittsbildern sehr häufig eckige Formen, 3-, 4-, 5-Ecke, nierenförmige Figuren u. dergl. Beim Menschen erscheinen im Allgemeinen die Ecken abgerundet, bei Thieren sind sie aber gewöhnlich sehr scharf ausgeprägt, so namentlich beim Schaaf, Ochs, Huhn. Bei letzterem ist überdies der Querschnitt der Bündel meist in einer Dimension bedeutend dominirend, während beim Menschen die verschiedenen Durchmesser ziemlich gleich sind.

Von allen darauf untersuchten Geschöpfen hat der Mensch die dünnsten Opticusfaserbündel; der Durchmesser ihres Querschnitts variirt hier von 61 bis 178 μ, während beim Ochsen die Durchmesser der Querschnitte zwischen 228 und 443 μ, beim Schaaf zwischen 63 und 278 μ liegen. Es stimmt damit überein, dass die Zahl der Faserbündel auf dem Querschnitt des menschlichen Opticus viel bedeutender ist, als bei den genannten Thieren, trotzdem dass ein menschlicher Sehnerv nur 3 Mm., ein Sehnerv des Ochsen dagegen 4 Mm. stark ist. Beim Menschen wurde die Zahl der Nervenfaserbündel auf ungefähr 800 geschätzt, beim Ochs dagegen ergab eine gleiche Schätzung nur etwa 550 Bündel.

Auf dem Längsschnitt sieht man die Nervenbündel im Allgemeinen der Längsaxe des Sehnerven parallel verlaufen; schon hier erkennt man Andeutungen einer spitzwinkligen Theilung und Verbindung. Deutlicher wird dies an Isolationspräparaten; es gelingt ziemlich leicht, isolirte Nervenbündel auf längere Strecken zu erhalten, wenn man dicke Längsschnitte nach Tinction mit Carmin

einige Tage in angesäuertem Glycerin macerirt. Es lösen sich dann beim Zerzupfen der Stückchen die Bündel ziemlich leicht aus dem Bindegewebe heraus und man erkennt nun einmal, dass sie gegen dieses eine glatte Oberfläche besitzen, keine Fortsätze desselben einschliessen, sodann dass sie unter sehr spitzen Winkeln sich theilen und wieder verbinden, so dass der Sehnerv somit einen Nervenplexus mit ausserordentlich schmalen und langgezogenen, also spaltförmigen Maschenräumen darstellen würde. Diese Theilungen und Verbindungen der Bündel werden in der Nachbarschaft des Augapfels häufiger (Henle (16) p. 584).

An denselben Präparaten überzeugt man sich ferner leicht von der Thatsache, dass die aus dem Bindegewebe isolirten Nervenfaserbündel zwei wohl characterisirte Arten von Formelementen enthalten: feine und feinste markhaltige Nervenfasern und platte kernhaltige Zellen, die in verschiedener Weise zwischen ersteren vertheilt sein können.

Die Nervenfasern des Opticus sind sämmtlich markhaltig und an Dicke ausserordentlich verschieden. Die grössere Zahl derselben gehört zu den feinsten bekannten markhaltigen Fasern; dieselben sind durchschnittlich etwa 2 μ dick; dazwischen in unregelmässiger Weise vertheilt erkennt man auf dem Querschnitt eine Anzahl dickerer Nervenfasern von 5 bis 10 μ Durchmesser. Ein Gesetz, nach welchem etwa grobe und feine Nervenfasern über den Opticus-Querschnitt vertheilt wären, konnte nicht gefunden werden. Periphere sowohl wie centrale Bündel enthielten in gleich unregelmässiger Weise durch einander gemischt die dicksten und feinsten Fasern neben denen mittleren Calibers. Was ihren feineren Bau betrifft, so fehlt ihnen von den Theilen, die sonst einer markhaltigen Nervenfaser zukommen, die Schwann'sche Scheide; denn das, was man zuweilen dafür gehalten (Leber) (19) gehört der sogenannten Neuroglia an. In Folge dieses Mangels einer umhüllenden kernhaltigen elastischen Membran gelingt es ziemlich schwer, die Nervenfasern des Opticus auf längere Strecken zu isoliren, da das Nervenmark zerbröckelt und die dünnen Axencylinder sehr leicht zerreissen. Am besten gelingt dies nach Anwendung dünner Chromsäurelösungen ($\frac{1}{30}$—$\frac{1}{10}$ pc.) oder von 10procentigen Kochsalzlösungen; doch muss das Gewebe, soll die Isolation möglich sein, ganz frisch in die genannten Flüssigkeiten eingelegt werden. Bei den beiden genannten Methoden erhält man nicht selten die Axencylinder auf längere Strecken frei; sie zeigen aber dann meist Varicositäten. Ohne solche Entstellungen als feine glattrandige Fäden gewinnt man sie dagegen, wenn man dicke Längsschnitte eines Sehnerven in Silbernitratlösungen von 1 : 800 bis 1000 macerirt. Ueber die Dicke der Axencylinder geben Querschnitte in Alkohol oder Chromsäure erhärteter Sehnerven, die mit ammoniakalischem Carmin gefärbt wurden, Aufschluss. Die Axencylinder färben sich dann roth, allerdings viel schwieriger und blasser, als die anderer markhaltiger Nervenfasern und gestatten deshalb eine gesonderte Messung. Dieselbe ergab für den Sehnerven des Menschen die Dicke der Axencylinder innerhalb der Grenzen von 0,8 bis 4,4 μ.

Wie oben erwähnt dringen ins Innere der Nervenfaserbündel keine Fortsätze des fibrillären Bindegewebsgerüstes hinein; die Nervenfasern sind vielmehr durch eine eigenthümliche Substanz an einander gekittet, die mit der sog. Neuroglia oder Bindesubstanz der Centralorgane identisch ist. Sie enthält aber

an dieser Stelle wenigstens nie leimgebende Fibrillen, sondern besteht aus einer im frischen Zustande weichen homogenen Grundsubstanz, die überall die Nervenfasern verkittet, und aus Zellen, welche in derselben vertheilt liegen. Die Grundsubstanz bildet auf Querschnitten, entsprechend der Anordnung der Nervenfasern, ein sehr feines Netz mit runden Maschenräumen; jeder der letzteren wird durch einen Nervenfaserquerschnitt ausgefüllt; die Oberfläche eines jeden Bündels scheint überdies von einer dünnen Lage dieses Nervenkittes continuirlich überzogen zu sein. Dass derselbe im Leben sehr weich, nahezu flüssig ist, ergibt sich aus den Resultaten von Einstich-Injectionen in den frischen Opticus. Die Injectionsmasse (Berliner Blau) dringt dann leicht ins Innere der Bündel und bildet daselbst (auf dem Querschnitt) höchst zierliche Netze, die dieselbe Form und Anordnung zeigen, wie das Neuroglia-Netz. Eine jede Nervenfaser liegt nun in einem blauen Ringe. Es lässt diese Thatsache nur die Deutung zu, dass die Neuroglia eine sehr weiche Masse ist, in welche die injicirte Flüssigkeit leicht mehr oder weniger weit hineindringen kann. Die Anhäufung derselben an der Oberfläche des Bündels zeigt sich in diesem Falle ebenfalls von blauer Masse durchsetzt und erscheint als blauer ringförmiger Saum. Nach Behandlung des Opticus mit Alkohol gerinnt die Neuroglia und gestattet nun der Injectionsmasse viel schwieriger das Eindringen als im frischen Zustande; sie stellt jetzt ein aus feinen Bälkchen zusammengeseztes Reticulum dar; ein ähnliches Aussehen gewährt sie am gekochten Sehnerven. Diese sowie andere Reactionen sprechen dafür, dass die Grundsubstanz der Neuroglia eine Eiweisssubstanz ist, wie dies Henle und Merkel bereits für die Bindesubstanz des Gehirns und Rückenmarks nachgewiesen haben.

An Schnitten durch den in Alkohol erhärteten Sehnerven, welche mittelst der von Schweigger-Seidel angegebenen sauren Carminlösung gefärbt waren, bemerkt man nicht nur innerhalb des Bindegewebsgerüstes des Sehnerven zahlreiche roth gefärbte Kerne, sondern auch im Inneren der Nervenfaserbündel. Die Kerne der letzteren lassen sich jedoch durch ihre Form sofort von den Bindegewebskernen unterscheiden. Letztere sind langgestreckt, spindelförmig, bis viermal so lang, als breit, erstere dagegen oval mit einem Längsdurchmesser, der kaum doppelt so gross ist wie der Breitendurchmesser. Was die Lage dieser »Neuroglia-Kerne« betrifft, so finden sich die meisten derselben an der Oberfläche der Nervenfaserbündel, eine geringere Zahl im Inneren derselben unregelmässig vertheilt. Hat man die mit saurem Carmin gefärbten Nervenbündel durch Maceration in Glycerin isolirt, so erkennt man leicht, dass die Kerne der Oberfläche meist in Reihen angeordnet sind, welche der Längsaxe des Bündels parallel verlaufen. Beim weiteren Zerzupfen lösen sich die Kerne leicht von der Oberfläche ab: es stellt sich dann heraus, dass sie äusserst zarten homogenen Plättchen angehören, die nicht selten mit eingerissenen zerfetzten Rändern zur Beobachtung kommen. Diese Zellen liegen platt den Bündeln an und bilden eine vielfach unterbrochene Hülle derselben; sie gleichen in allen Eigenschaften den Zellen des Bindegewebes, den Endothelzellen, nur dass gerade hier eine Formverschiedenheit der Kerne besteht. Wenn ihre Ränder zerfetzt, eingerissen sind, können sie auch wohl den Eindruck sternförmiger Zellen machen und sind als solche vielfach aus den Centralorganen beschrieben, auch wohl als Spinnenzellen (Jastrowitz) bezeichnet. Besonders in den Fällen, wo in der Ebene der elastischen durchsichti-

gen Zellplatte vom Kerne aus rippenförmige sich verästelnde Verdickungen auslaufen, scheint man es mit sternförmigen Elementen zu thun zu haben, da die glashellen Plattenstücke zwischen den Rippen gar zu leicht übersehen werden. Nach Allem haben wir die Zellen der Kittsubstanz der Opticusfasern für eine Art Endothel zu halten, das um jedes Bündel eine unvollständige Scheide bildet und mit einzelnen Elementen in unregelmässiger Weise das Innere der Bündel durchsetzt; es wendet den capillaren Spalten zwischen Bindegewebe und Nervenbündel eine glatte Oberfläche zu. Ein regelmässiges Netz schwarzer Linien auf derselben mittelst Silbernitrat darzustellen, ist mir indessen nie gelungen.

Die ebengegebene Darstellung der Neuroglia kommt am nächsten der Beschreibung, welche Henle und Merkel von der Bindesubstanz der Centralorgane geben; nur in Betreff der zelligen Elemente bin ich zu einer abweichenden Ansicht gelangt und muss die Uebereinstimmung derselben mit Endothelzellen entschieden betonen. Es würde sich damit die Neuroglia dem Bindegewebe wieder enger anreihen lassen; freilich bleibt immer der wichtige Unterschied bestehen, dass ihre Grundsubstanz eine fibrillenfreie weiche Eiweisssubstanz darstellt. Gegen Leber muss ich entschieden die Selbstständigkeit der Zellen der Grundsubstanz gegenüber behaupten. Nach der oben erwähnten Methode, sowie nach Maceration in dünnen Chromsäurelösungen lassen sich die Zellplatten stets reinlich isoliren; vom Neuroglianetz ist dann nichts zu bemerken, da die Substanz in Lösung übergegangen ist; nur nach Behandlung mit coagulirenden Flüssigkeiten kommt das Netz zur Ansicht, das also nicht mit der Zellsubstanz continuirlich sein kann, so dass es etwa, wie Leber will, von den Zellenausläufern gebildet würde.

Aehnliche durch die Injectionsmasse zwischen den einzelnen Nervenfasern gebildete Netze, wie ich sie oben nach Einstich-Injectionen vom Sehnerven beschrieben habe, hat früher Frommann[1]) vom Rückenmark beschrieben. In neuester Zeit haben sowohl Ranvier[2]), wie Axel Key und Retzius[3]) ganz ähnliche Bilder durch Injectionen der peripheren Nerven und Spinalganglien erhalten und abgebildet. Auch hier wird jede Nervenfaser von einem blauen Ring umgeben; sie ist aber in den peripheren Nerven noch durch die Schwann'sche Scheide von der Injectionsmasse abgegrenzt, während die letztere im Opticus und Rückenmark unmittelbar an die Markscheide grenzt.

Leber (19) bemerkt bereits, dass die Querschnitte der Axencylinder der Sehnervenfasern sich viel schwerer durch Carmin färben lassen, wie die des Rückenmarks. Es gelingt dies am besten nach Erhärtung in Alkohol und Chromsäure von $\frac{1}{2}$ % mittelst einer ammoniakalischen Carminlösung. Dieselbe färbt die Grundsubstanz des Bindegewebes, sowie die Axencylinderquerschnitte gleichmässig roth, während die Bindegewebs- und Neurogliakerne nicht hervortreten. Will man letztere allein ohne die Axencylinder färben, so muss man die Schweigger-Seidel'sche saure Carminlösung anwenden. Die dicksten Opticusfasern finden sich nach Leber beim Ochsen.

Nervenfasern und Neurogliazellen sind die einzigen normalen Formelemente der Nervenfaserbündel. In vielen Fällen bemerkt man jedoch zwischen den Nervenfasern zerstreut eigenthümliche kuglige Körperchen von 15—25 μ Durchmesser, die besonders häufig im Chiasma vorkommen und nach dem Augapfel zu allmählich an Zahl abnehmen. Durch Carmin färben sie sich roth, durch Jod dunkelgelb, Zusatz von Salzsäure macht sie unter Gas-Entwicklung verblassen. Sie scheinen demnach aus einer organischen Grundlage mit eingelagerten Kalk-

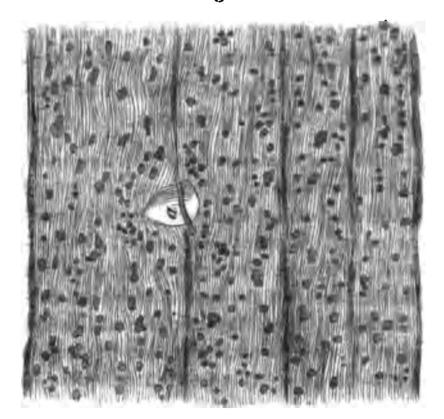
1) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks.

2) Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Archives de physiologie normale et pathologique. IV. p. 489. Pl. 16. Fig. 1.

3) Studien in der Anatomie des Nervensystems. M. Schultze's Archiv. Bd. IX. 2. Heft. Tafel XVII. Fig. 29, 30 u. 37.

salzen zu bestehen (vergl. Fig. 9). In den Sehnerven und besonders im Chiasma und dem *Tractus opticus* einiger Thiere (Katze, Hund) scheinen die beschriebenen Gebilde constant vorzukommen.

Fig. 9.



Längsschnitt durch den Sehnerven des Menschen. Nervenfaserbündel mit zahlreichen kugligen Concrementen. Bei *a* eine grössere ein Blutgefäss umfassende Ablagerung.

Ausser diesen den Nervenfaserbündeln angehörigen Concrementen trifft man, jedoch viel seltener, grössere knollige Massen in den Wandungen der Gefässe des Opticus. Dieselben sitzen entweder nur einer Seite des Gefässes an oder sie werden vom Gefässrohr durchbohrt (Fig. 9*a*). Sie gleichen in dieser Beziehung sehr den von H. MÜLLER[1]) beschriebenen scheibenförmigen Körperchen, welche er in seltenen Fällen an den Netzhautgefässen antraf; nur ist ihre Gestalt viel unregelmässiger, ihre Oberfläche mit rundlichen Höckern besetzt. Die Grösse dieser Gebilde ist sehr verschieden; ich mass solche von 50 bis 76 μ. Was sie sofort an Chromsäure-Carmin-Präparaten von den ersterwähnten Körperchen unterscheidet, ist, dass sie dabei auffallender Weise gelb erscheinen. Von einer Schichtung war nichts wahrzunehmen, ebenso ergab Behandlung mit Salzsäure keine Gasentwicklung. Nach Allem scheint ihre Substanz am ähnlichsten den sogenannten Glaskörpern der Chorioides, wie sie von DONDERS[2]), H. MÜLLER[3]) und kürzlich von RUDNEW[4]) beschrieben wurden, zu sein.

In der mikroscopischen Anatomie von KÖLLIKER (Bd. II, 2. p. 670) findet sich die Angabe, dass nach HASSALL zwischen den dunkelrandigen Fasern des Sehnerven auch Nervenzellen sich finden sollen, und diese Angabe ist in der Dissertation von SAHMEN (8. p. 27) reproducirt. An der betreffenden Stelle des Hassall'schen Buches (6) findet sich jedoch nur die Angabe, dass zwischen den Nervenfasern »zarte kugelförmige Zellen eingestreut« sind, ohne dass eine Deutung derselben versucht wird. HASSALL meint damit wohl entweder die oben beschriebenen Kalkconcremente oder die Kerne der Neurogliazellen. SAHMEN vermuthet, HASSALL habe wohl die varicösen Anschwellungen, welche die Opticusfasern leicht nach Anwendung der verschiedensten Agentien zeigen, für Ganglienzellen gehalten und erklärt alle Varicositäten an Nervenfasern für Kunstproducte. Dem gegenüber muss ich behaupten, dass es in der That Nervenfasern im Opticus gibt, deren Axencylinder durch sehr beträchtliche spindelförmige Anschwellungen in ihrem Verlauf unterbrochen werden, über welche Verdickungen sich die Markscheide gleichmässig fortsetzt. Sie sind nicht zu verwechseln mit den durch dünne Chromsäurelösungen künstlich zu erzeugenden Varicositäten. Ich traf sie besonders häufig im Sehnerven des Schaafes; es gelang mir hier nach längerer Maceration in 10 procentigen Kochsalzlösungen Axencylinder auf längere Strecken zu isoliren, die an einer Stelle durch eine ovale feinkörnige Anschwellung unterbrochen waren. Ich würde dieselben für bipolare Ganglienzellen erklären, eingeschaltet in den Verlauf der markhaltigen Nervenfasern, wie im Acusticus, wenn es mir gelungen wäre, Kern und Kernkörperchen nachzuweisen. Allein auch mit Carmin tingirte Längsschnitte zeigten keine Kerne, sondern nur blass rosa gefärbte kug-

1) Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg. X. p. 128—137. 1859.

2) Archiv für Ophthalmologie. Bd. I. Abth. 2. S. 106.

3) Archiv für Ophthalmologie. Bd. II. Abth. 2. S. 1—65.

4) VIRCHOW's Archiv. Bd. 53. S. 455—465.

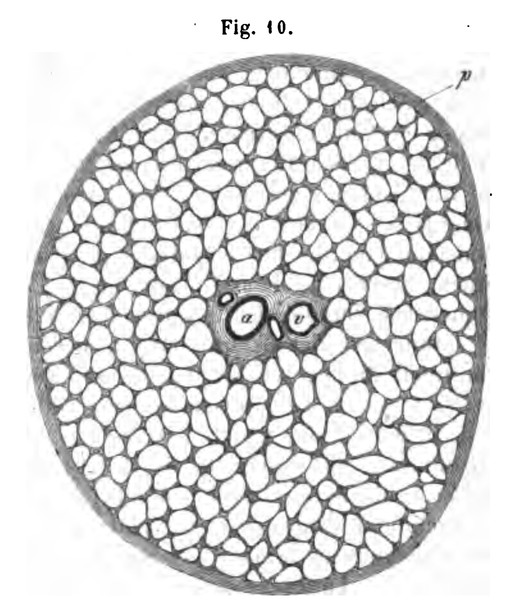
lige Gebilde zwischen die Fasern eingeschoben. Ein analoges Bild erhielt ich in einem Falle vom Opticus des Menschen. Es zeigten sich nämlich auf Querschnitten, die mit Carmin tingirt waren, einige Nervenfaserbündel ganz, andere zum Theil ersetzt durch blass rosa gefärbte dicht an einander liegende grössere Kreise, so dass der Gedanke nahe lag, man habe es hier mit querdurchschnittenen Ganglienzellen zu thun; allein auch hier war nirgends ein Kern zu entdecken. Ich glaube deshalb, dass die beschriebenen Gebilde eher in die Kategorie der varicösen Hypertrophie der Nervenfasern fallen, die ja bekanntlich in der Netzhaut nicht zu den Seltenheiten gehört.

§ 8. B) Der Sehnervenstamm nach Eintritt der Centralgefässe.

Da wo die Centralgefässe im Inneren des Opticus verlaufen, wird das Querschnittsbild ein complicirteres, indem die Mitte desselben frei von Nervenfaserbündeln ist und in einem lockeren Bindegewebe die Querschnitte der *Arteria* und *Vena centralis retinae* erkennen lässt. Die Randpartieen des Querschnitts weichen in Nichts von den bisher beschriebenen Bildern ab (Fig. 10).

Die Axe des Opticus ist hier also von einem Bindegewebsstrang eingenommen, der den sogenannten Centralcanal ausfüllt, die Centralgefässe einschliesst. Die Dicke des centralen Bindegewebsstranges nimmt im Allgemeinen nach dem Augapfel zu ab. So fand ich z. B. den grössten Durchmesser desselben an einem Auge im Bereich der *Lamina cribrosa* 0,569 Mm., in einer Entfernung von etwa 7 Mm. von der Sklera dagegen 0,7596. Die Form des Querschnitts dieses Bindegewebes ist ebenfalls verschieden; nie ist dieselbe kreisrund, meist oval, nicht selten aber auch nierenförmig. Die Form wird noch dadurch eine complicirtere, dass von Stelle zu Stelle sich mit dem centralen Strange gröbere und feinere Bindegewebsbalken von der Seite her in Verbindung setzen (s. Fig. 10), so dass die Ränder ein zackiges Aussehen bekommen. Denkt man sich den Querschnitt als eine kurze Ellipse, so wird man die Stellen, in welchen die *Arteria* und *Vena centralis* liegen, am besten dadurch bezeichnen können, dass man sagt, sie entsprechen den Brennpuncten der Ellipse. Das Lumen der Arterie hat im Querschnitt bei ihrem Eintritt in die Axe des Sehnerven einen Durchmesser von 0,23 Mm.; es sinkt beim Eintritt der Arterie in die *Lamina cribrosa* auf 0,20 herab. Während der Querschnitt der *Arteria centralis* im Ganzen nur wenig von der Kreisform abweicht, zeigt sich der Querschnitt der Vene an erhärteten Prä-

Fig. 10.



Querschnitt durch den Sehnerven des Menschen mit centralem Bindegewebsstrange und den Centralgefässen. *a* Arteria, *v* Vena centralis retinae. *p* Pialscheide. 22mal vergrössert.

paraten wohl wegen der geringeren Resistenz ihrer Wandungen höchst unregelmässig, oft eckig verzerrt. Eine Messung des Lumen-Durchmessers ergab 0,139 Mm. und keine wesentliche Abnahme desselben nach dem Augapfel zu.

Nur selten sind an Querschnitten dieser Gegend die *Arteria* und *Vena centralis* die einzigen Blutgefässe des Bindegewebsstranges. Vielmehr bemerkt man an fast allen Querschnitten dieses Sehnerven-Abschnittes nach aussen von der grösseren *Arteria centralis* noch den Querschnitt eines kleineren arteriellen Gefässes (0,063 Mm. Durchmesser); nicht ganz so häufig sieht man auf der der Arterie abgewandten Seite des Centralvenen-Querschnitts noch den Querschnitt einer kleinen Vene von sehr wechselndem Durchmesser. Sehr gewöhnlich trifft man ferner feine Venenästchen, die sich in den Querschnitt der *Vena centralis* hineinsenken, während ich nur an wenigen Schnitten feine arterielle Aestchen vom Central-Arterien-Querschnitt abtreten sah. Längsschnitte durch den centralen Bindegewebsstrang ergänzen diese Bilder und zeigen nun, wie dicht an der Stelle, wo die eintretende Centralarterie die Opticus-Axe erreicht hat und in derselben nach dem Augapfel zu sich wendet, eine etwa 0,07 Mm. dicke Arterie von ihr ihren Ursprung nimmt, um rasch noch innerhalb des centralen Bindegewebsstranges ebenfalls nach dem Augapfel zu umzubiegen und, sich allmählich verjüngend, dicht neben der Centralarterie und parallel derselben bis nahe an die Sklera weiter zu verlaufen. Dabei gibt sie nach aussen zwischen die Opticusfaserbündel zahlreiche Aestchen ab, die mit den Capillaren dieser Gegend anastomosiren. In einem Fall fand ich diese kleine Centralarterie, die also ausschliesslich den Opticus versorgt, durch zwei hintereinander entspringende ganz analog verlaufende Arterien der Art ersetzt, dass die hintere den der Eintrittsstelle der grossen Centralarterie benachbarten Bezirk, die vordere dagegen den an den Augapfel grenzenden Theil des Opticus versorgte. Eine analoge kleinere Vene lässt sich dagegen nicht auffinden; vielmehr münden viel zahlreichere Venenstämmchen in die Centralvene und haben dabei nur eine kurze Strecke weit einen dieser parallelen Verlauf, da sie sehr bald nach aussen hin zwischen die Opticusfaserbündel sich in unregelmässige Aestchen auflösen.

Innerhalb der Sklera, also im Bereich der *Lamina cribrosa*, konnte ich im centralen Bindegewebsstrange ausser den Querschnitten der *Arteria* und *Vena centralis retinae* keinen Gefässquerschnitt entdecken.

In Betreff des feineren Baues des centralen Bindegewebsstranges ist noch anzuführen, dass derselbe in der Umgebung der grossen Gefässe aus einem lockeren fibrillären Gewebe besteht, das von unregelmässigen feinen den Gefässquerschnitten concentrischen Spalten durchsetzt ist. Nach aussen wird das Gewebe dichter; es besteht hier aus einem festeren fibrillären Bindegewebe, dessen Fibrillen der Längsaxe des Sehnerven parallel verlaufen, dessen Zellkerne ebenfalls in dieser Richtung gestreckt sind. Die Gefässwandungen zeigen in ihrem Bau nichts Besonderes; eine circularfaserige Muscularis ist an der Arteria gut entwickelt.

Ein sehr eigenthümliches Bild gewähren Querschnitte durch den Sehnerven an der Stelle, wo die Centralgefässe in den Stamm hineintreten, denselben in schiefer Richtung durchbohrend. Die Form des Gebietes der Nervenbündel-Querschnitte ist hier eine nieren- oder hufeisenförmige, indem mit den Gefässen von dem einen Rande her ein stärkerer bereits makroscopisch er-

kennbarer Bindegewebsfortsatz bis zum Centrum der Nerven vordringt. Derselbe ist auch hirnwärts vom Gefässeintritt noch auf eine kurze Strecke erhalten (vergl. Figur 6), um dann allmählich undeutlich zu werden. Etwas länger erhält sich nach dem Hirn zu eine centrale Bindegewebsmasse, die an Durchmesser die der Knotenpuncte des oben beschriebenen interfasciculären Bindegewebsnetzes etwa um das Doppelte übertrifft.

Wir haben also hier an einer kurzen, 1—2 Mm. langen Strecke des Sehnerven noch ein deutliches Bild von der Einstülpung, welche der ursprünglich hohle und cylindrische Opticus des Menschen durch die *Vasa centralia* erleidet. Von der embryonalen Höhle des Augenblasenstiels ist aber beim Erwachsenen keine Spur mehr wahrzunehmen. Nur beim Huhn, wo es bekanntlich (vergl. Lieberkühn (31), Mihalkowics (32)) nie zu einer Einstülpung des Augenblasenstiels kommt, glaube ich an einer etwas excentrisch gelegenen Stelle des Opticus-Querschnitts das Rudiment der embryonalen Höhle zu erkennen. Es zeigt sich nämlich eines der platten Nervenfaserbündel im Inneren mit einer glattwandigen schmalen Spalte versehen, die nicht vom Bindegewebe ausgefüllt, auch nicht durch Einreissen entstanden ist. Eigenthümlich ist, dass die Neuroglia-Kerne zu dieser Spalte eine concentrische Anordnung zeigen, wodurch das betreffende Bündel sofort vor den anderen auffällt.

Eine vergleichende Untersuchung verschiedener Säugethieraugen (Ochs, Schaaf, Schwein) ergab ferner, dass ein centraler die *A.* und *V. centralis retinae* einschliessender Bindegewebsstrang nur beim Menschen existirt. Bei den anderen untersuchten Thieren war oft schon 1 Mm. nach aussen von der Sklera auf Querschnitten nichts davon zu entdecken. Vielmehr treten hier die genannten Gefässe erst dicht am Augapfel in den Opticus ein, und gewähren Querschnitte durch diesen Theil des Sehnerven wieder das Bild der oben beschriebenen Hufeisenform. Beim Ochsen lässt sich das in den Sehnerven eindringende Bindegewebs-Septum noch 3 bis 4 Mm. nach aussen vom Augapfel verfolgen. Diese Stelle ist bereits makroscopisch erkennbar, indem hier auf der Oberfläche des Sehnerven sich von der Sklera an ein allmählich an Dicke abnehmender zarter sehniger Streif verfolgen lässt. Nach dem Augapfel zu erscheint das Bindegewebs-Septum beim Ochsen stark pigmentirt und lässt sich hier sowohl, wie beim Schwein und Schaaf noch innerhalb der *Lamina cribrosa* erkennen. Es hat in diesen Fällen also die Einstülpung des Sehnerven nur in unmittelbarer Nähe der secundären Augenblase stattgefunden, beim Menschen dagegen auf eine viel längere Strecke, beim Vogel gar nicht. Nach Hannover (7) ist der Sehnerv des Frosches in Form eines Halbcanals gefaltet, zeigt also ebenfalls einen hufeisenförmigen Querschnitt. Eine Eigenthümlichkeit desselben ist ferner, dass man hier keine Zerklüftung der Nervenmasse in Nervenfaserbündel wahrnimmt. Dasselbe gilt für den Opticus der Fische, der dafür aber eine höchst sonderbare Form aufweist. Er stellt ein plattes Band dar, das mehrmals gefaltet ist; zwischen diese Falten dringen Fortsätze der Pialscheide herein, die also hier das interfasciculäre Bindegewebsnetz der höheren Wirbelthiere ersetzen, worauf bereits Hannover aufmerksam machte.

Nach Tiedemann und Langenbeck soll im centralen Bindegewebsstrange mit der *Arteria centralis* ein Nervenzweig verlaufen und mit ihr zur Retina treten. Etwas Aehnliches behauptet C. Krause in seinem Handbuche der Anatomie I. Bd. 2. Thl. p. 1048, ferner Chaussier und Ribes (Meckel's Archiv. IV, 619). Ich habe nie auf Querschnitten des Sehnerven etwas Entsprechendes finden können. (Vergl. Henle's Nervenlehre S. 359.)

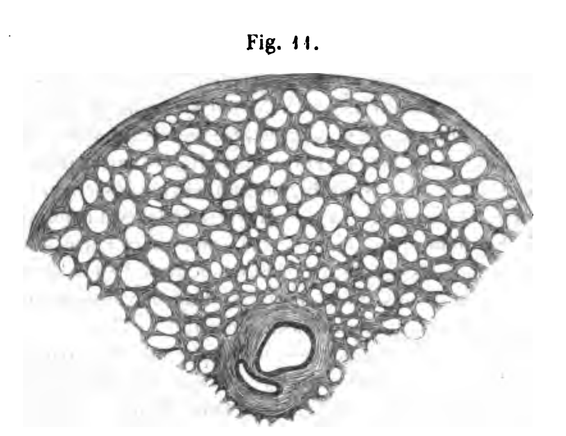
§ 9. II. Die Lamina cribrosa.

Bei seinem Eintritt in die Sclerotica und während seines Verlaufs innerhalb dieser und der Chorioides erleidet der Sehnerv sehr wesentliche Veränderungen. Die augenfälligste ist eine bedeutende Abnahme seines Durchmessers, der von 3 Mm. bis auf 1,5 Mm. herabsinkt. Diese dünnste Stelle (nach Henle (16) oft nur 1,2 Mm. dick) liegt in der inneren Ebene der Chorioides,

welche letztere Membran also einen engeren Ring um den Opticus bildet, als die Sclerotica (Donders) (10). Eine zweite Eigenthümlichkeit dieser Gegend ist die bereits oben berührte, dass die markweisse Farbe des Sehnervenstammes in ein durchscheinendes Grau übergeht. Mikroscopisch findet diese Erscheinung ihre Erklärung in der Thatsache, dass an der Grenze der *Lamina cribrosa* die Opticusfasern ihre Markscheide verlieren. Damit geht natürlich auch eine wesentliche Verminderung ihres Durchmessers Hand in Hand, aus welcher sehr einfach die Abnahme der Durchmesser der Nervenfaserbündel und des ganzen Sehnerven resultirt. Die Nervenfaserbündel sind nunmehr nur noch 0,03 bis 0,05 Mm. dick; sie spitzen sich also innerhalb der *Lamina cribrosa* bedeutend zu; ihre spitzwinkligen Theilungen und Verbindungen werden häufiger (Henle) (16); ihre Neuroglia-Kerne nehmen aber durchaus nicht an Zahl ab; vielmehr erscheinen sie, da sie nicht mehr durch die dicken Myelinscheiden getrennt werden, enger an einander gerückt. Eine Anordnung derselben in Längsreihen ist hier besonders deutlich.

Endlich ist es die Anordnung des interfasciculären Bindegewebes, welche dieser Gegend einen eigenthümlichen Character gibt. Wie erwähnt, geht die Pialscheide unmittelbar in das Stück der Sclerotica über, welches den Sehnerven umrahmt. Es tritt jetzt also die Sclerotica an Stelle der Pialscheide und schickt nun ebenso Bindegewebscheidewände ins Innere des Nerven zwischen die Nervenbündel, wie früher die Pialscheide; nur sind die von der Sclerotica abtretenden senkrecht zur Axe des Sehnerven denselben durchsetzenden Bindegewebsbündel reichlicher und mächtiger, als die von der Pialscheide entspringenden; es treten überdies die longitudinalen Faserzüge bedeutend zurück, so dass man nunmehr, wenn man sich die Nervenfaserbündel aus den Maschenräumen entfernt denkt, eine vielfach durchbrochene mehrschichtige Bindegewebsplatte vor sich hat, eine Bildung, welche zu dem Namen *Lamina cribrosa* Veranlassung gab. An Schnitten parallel der Längsaxe des Opticus durch diese Gegend geführt, erkennt man sehr gut, wie zahlreiche Querfaserzüge von der Sklera aus den Sehnerven durchsetzen (Fig. 1 und 12). An Querschnitten überzeugt man sich, dass innerhalb der *Lamina cribrosa* die einzelnen Bindegewebszüge dicker sind, wie in den übrigen Theilen des Opticus; dass hier überhaupt das Bindegewebe massiger entwickelt ist. (Fig. 11.)

Fig. 11.

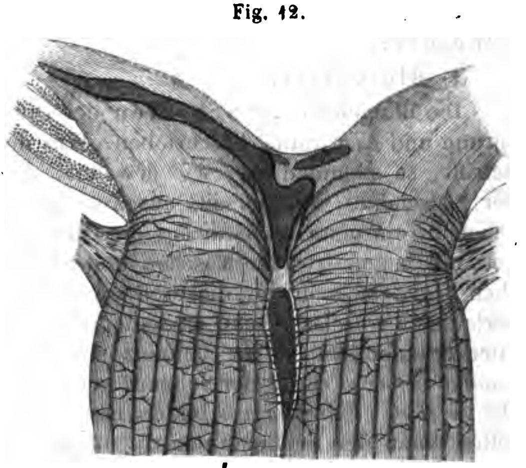


Theil eines Querschnitts durch den menschlichen Sehnerven innerhalb der Lamina cribrosa. Am unteren Rande der Figur sind die Centralgefässe sichtbar. 26 mal vergrössert.

Ueber die Betheiligung der Sclerotica an der Bildung der queren Faserzüge der *Lamina cribrosa* kann kein Zweifel bestehen. Anders steht es mit der Frage, ob auch die Chorioides, die an der Eintrittsstelle des Opticus fest mit der Scle-

rotica verwachsen ist, Faserzüge ins Innere des Sehnerven sende. Beim Menschen ist, wie schon DONDERS (10) zeigte, eine solche Betheiligung der Aderhaut an der Bildung der *Lamina cribrosa* in den meisten Fällen nicht nachzuweisen. (DONDERS (10), KLEBS (12), HENLE (16)). Nur selten lassen sich pigmentirte Zellen von der Chorioides zwischen die Nervenbündel verfolgen (H. MÜLLER [1]); häufiger zieht sich von ihr eine Lage sternförmiger Pigmentzellen längs der Pialscheide eine Strecke weit am Sehnerven entlang. Dagegen finden sich in allen Fällen in der Ebene der Chorioides, den Sehnerven quer durchsetzend, zartere Faserzüge als die der *Lamina cribrosa* angehörigen; dieselben stammen aber nicht von der Chorioides, sondern vom innersten Winkel der Sklera und von dem die Centralgefässe begleitenden Bindegewebsstrange; diese Faserzüge bilden sanfte Bogen, deren Convexität nach dem Inneren des Auges zugekehrt ist (s. Fig. 12). Bei den Thieren (Schaaf, Rind, Schwein) ist sehr gewöhnlich der Opticus in der Ebene der Chorioides von intensiv pigmentirten Bindegewebszügen durchsetzt; im Auge des Rindes ergreift diese Pigmentirung sogar noch weiter nach aussen die von der Sklera abstammenden Querfaserzüge; auch eine stark pigmentirte Pialscheide ist hier in der Nachbarschaft des Augapfels wahrzunehmen.

Fig. 12.



Durchschnitt durch die Papilla optici und Lamina cribrosa des Menschen. Links ist die Retina erhalten, zwischen ihr und dem Reste der Sklera die Chorioides herausgefallen. In der Axe des Sehnerven die Central-Arterie.

Nicht allen Thieren kommt eine *Lamina cribrosa* zu. So fehlt dieselbe z. B. dem Frosch, dessen Sclerotica und Chorioides an der Eintrittsstelle des Sehnerven ein scharf begrenztes Loch besitzen, aus dem sich derselbe beim Ablösen der Retina sehr leicht unversehrt herausziehen lässt. Die Pialscheide ist hier stark pigmentirt, so dass man sie, da sie an der Choriodal-Oeffnung unmittelbar in die Aderhaut übergeht, als directe Fortsetzung der letzteren auffassen könnte.

Eigenthümlich sind die Verhältnisse an der Eintrittsstelle des Opticus beim Vogel (Huhn, Taube). Hier tritt der Sehnerv nicht als runder Stamm ein, um in der *Papilla optici* seine Fasern nach allen Seiten hin zu entsenden, sondern er biegt sich innerhalb der Sklera um und verläuft, sich allmählich verjüngend, unter dem Kamme (Pecten) entlang nach vorn. Sowohl hinter diesem pigmentirten gefalteten Gefässconvolut, als zu beiden Seiten desselben entsendet er seine Faserbündel zur Ebene der Retina; die letzten strahlen vor dem Kamme aus. Macht man nun einen Durchschnitt durch den Kamm und Opticus, so sieht man das Eintreten der Sehnervenfasern jederseits vom Pecten; zwischen diesem und der Chorioides werden die hier zusammengedrängten Nervenfasern von zarten farblosen Bindegewebszügen quer

[1]) Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina. Gesammelte Schriften zur Anatomie des Auges. S. 107.

durchsetzt, die also jederseits eine dünne *Lamina cribrosa* darstellen. Schnitte, die in der Verlängerung des Opticus-Verlaufes durch diesen und den Kamm gelegt sind, zeigen aber noch eine andere auffallende Erscheinung. Die innersten Faserbündel des Opticus, welche dicht am Pecten in die Retina ausstrahlen würden, kreuzen sich, so dass die der rechten Opticushälfte zur linken Retinalhälfte und umgekehrt treten. Die äusseren Faserbündel dagegen haben einen directen Verlauf. Eine ähnliche Kreuzung der Fasern beim Eintritt in die Retina findet nach LANGERHANS (Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg i/B. 1873. S. 63) bei *Petromyzon Planeri* statt.

§ 10. Blut- und Lymphbahnen des Sehnerven und seiner Scheiden.

1) Blutgefässe.

Die Blutgefässe der Scheiden des Opticus wurden oben bereits nach Ursprung und Anordnung beschrieben. Was die Gefässe des Opticusstammes selbst betrifft, so stammen sie, wie erwähnt, einerseits aus den arteriellen Aestchen der Pialscheide, andererseits aus Zweigen der *Arteria centralis retinae*. Beide gehen in ein gemeinschaftliches die Opticusfaserbündel umspinnendes Capillarnetz mit langgestreckten Maschen und Stämmchen über. Die grösseren Stämmchen liegen stets in den dickeren longitudinalen Bindegewebszügen; die längsverlaufenden Gefässe sind bedeutend zahlreicher, wie die sie verbindenden querverlaufenden, das Maschennetz ist ein langgestrecktes. — In der Gegend der *Lamina cribrosa* erhält der Sehnerv noch von einer anderen Seite her Blutzufluss. Die *Arteriae ciliares breves* bilden nämlich bei ihrem Durchgang durch die Sclerotica einen den Sehnerveneintritt umspinnenden Gefässring, den sogenannten Zinn'schen oder Haller'schen Kranz, von welchem aus zahlreiche kleine Gefässe in die *Lamina cribrosa* hineintreten, die sich mit dem Capillarnetz des Opticus in Verbindung setzen. Ausserdem ziehen vom Skleral-Gefässkranze einige kleine Aeste nach rückwärts auf der Oberfläche der Pialscheide entlang, um mit den dieselbe versorgenden Gefässen sich in ein Netzwerk aufzulösen (LEBER (30), WOLFRING (29)).

2) Lymphbahnen.

Die Lymphbahnen des Sehnerven und seiner Scheiden bilden ein sehr complicirtes Stromgebiet, das seine Abflusswege nach den Lymphräumen der Schädelhöhle hin findet (SCHWALBE) (20) und ausser der im Opticus gebildeten Lymphe noch die der Retina und des Glaskörpers, sowie einen Theil der Skleral-Lymphe zu befördern hat. Es besteht aus einer Anzahl communicirender Räume, die zwischen den Scheiden des Opticus gelegen sind, und einem complicirten Spaltensystem im Innern des Nerven selbst. Die Räume zwischen den Scheiden wurden bereits oben erwähnt als Fortsetzung des subduralen und subarachnoidalen Raumes des Gehirns. Es gelingt sehr leicht, sie von denselben aus zu injiciren, jedoch ist es mir nicht möglich gewesen, sie getrennt injicirt zu erhalten, selbst nicht bei Versuchen am Opticus selbst. Stets erfüllte die Injectionsmasse beide Räume; es zeigte sich namentlich der von dem zierlichen Balkennetz durchsetzte subarachnoidale (intervaginale oder subvaginale) Raum durch die injicirte Flüssigkeit stark ausgedehnt. Setzt man diese Injection unter die »*Tunica fibrosa nervi optici*« einige Minuten fort, so tritt die farbige Masse durch dieselbe hindurch auf die äussere Oberfläche der Duralscheide in den supravaginalen Raum

(MICHEL) (25). Die Bahnen, in welchen dieser Durchtritt statt findet, sind die sogenannten Bindegewebskörperchen, welche, wie oben auseinander gesetzt wurde, hier ein communicirendes System feiner, z. Th. mit Endothelplatten ausgekleideter Spalten darstellen. Bestimmte Stellen der Duralscheide scheinen beim Menschen leichter die Injectionsmasse durchzulassen. Man sieht nämlich bei der Untersuchung der inneren Oberfläche solcher injicirten Duralscheiden schon makroscopisch auf einer farblosen Fläche zahlreiche feine blaue quergestellte Strichelchen zerstreut, die den Durchtrittsstellen der Injectionsmasse entsprechen (MICHEL) (25). Dass diese Wege vom Lymphstrom auch während des Lebens benutzt werden, beweisen Injectionen von fein vertheiltem Zinnober in die Lymphräume der Schädelhöhle. Es finden sich dann sehr häufig in der Substanz der äusseren Sehnervenscheide Zinnoberzellen vor (H. QUINCKE) (26); der subvaginale Raum ist stets mit Zinnoberkörnchen erfüllt.

Noch nach einer anderen Seite hin findet bei länger fortgesetzten Injectionen unter die äussere Sehnervenscheide die injicirte Masse einen Ausweg. Sie dringt nämlich vom bulbären (intrascleralen) Ende des Subarachnoidalraumes aus in schräger Richtung durch die Sklera bis an deren innere Oberfläche in den hinteren Abschnitt des Perichorioidalraums, der zum Theil auf diesem Wege gefüllt werden kann (MICHEL) (25). Die communicirenden Bahnen werden auch hier, innerhalb der Sklera, durch ein mit Endothelzellen bekleidetes Saftcanälchensystem dargestellt. Es ist jedoch zu bemerken, dass diese Injection der Sklera und des hinteren Abschnitts des Perichorioidalraums vom subvaginalen Raume aus nur beim Menschen gelingt, wo die Masse nicht so leicht durch die Duralscheide nach aussen dringt. Ist dagegen der Abfluss durch letztere leicht, wie im Auge des Kalbes, Schaafes, Schweines, Hundes, so wird der Perichorioidalraum stets nur auf dem von mir (20) früher bezeichneten Wege durch Vermittlung des supravaginalen und Tenon'schen Raumes, sowie der perivasculären Räume um die *Venae vorticosae* gefüllt (MICHEL) (25).

Im Zusammenhang mit den beschriebenen Lymphräumen zwischen den Scheiden steht ein Netz feiner Lymphspalten, welches den intraorbitalen Theil des Sehnerven in seiner ganzen Ausdehnung durchsetzt. Es ist leicht zu injiciren, wenn man eine feine Einstich-Canüle vorsichtig zwischen Pialscheide und Opticusstamm führt. Es schiessen dann sofort einzelne längsverlaufende blaue Streifen an, dann färbt sich nach und nach die der Einstichstelle benachbarte Partie bis zum Augapfel hin intensiv blau und endlich quillt die Injectionsmasse auf der äusseren Oberfläche der Pialscheide hervor in den subarachnoidalen Raum. Am leichtesten dringt sie dicht am Bulbus durch die genannte Scheide; jedoch sind bis an den *Canalis optici* hin noch zahlreiche Stellen der Pialscheide für Berliner Blau (resp. Alcannin-Terpentin) durchgängig; nie gelingt deshalb eine Injection des Lymphspaltensystems des Sehnerven in seiner ganzen Ausdehnung, da ja die Masse stets einen leichten Abfluss durch die Pialscheide hindurch findet.

Untersucht man den auf die genannte Weise injicirten Opticus auf Quer- und Längsschnitten, so findet man einmal in der Pialscheide und in den davon abtretenden den Sehnerven durchsetzenden Bindegewebszügen zahlreiche spaltförmige Räume injicirt, anderseits aber die Masse frei zwischen der Oberfläche der Nervenfaserbündel und den diesen benachbarten Bindegewebsbündeln, in capillaren

die Nervenfaserbündel umhüllenden Spalträumen (s. o.). Letztere, deren sich ein grösserer an gehärteten Präparaten unter der Pialscheide nachweisen lässt, entsprechen wohl in ihrer ganzen Ausdehnung dem ganzen epicerebralen Raume von His, dessen Präexistenz neuerdings wieder angezweifelt wurde (Key und Retzius (23). Alle die genannten Räume communiciren unter einander; es scheint sich bald mehr das dem epicerebralen Raume entsprechende System, bald das in der Pialscheide und deren Fortsätzen gelegene Spaltennetz zu füllen. Für die Existenz perivasculärer Räume, wie sie sich innerhalb der Retina finden, geben Injectionen der Blut- und Lymphbahnen des Sehnerven keinen Anhaltspunct.

Innerhalb der *Lamina cribrosa* wird das beschriebene Spaltensystem des Bindegewebes dichter und weiter. Es erklärt sich daraus leicht die Thatsache, dass man beim Einstich unter die Pialscheide in der Nähe dieser Gegend sehr leicht die Injectionsmasse durch das ganze Querschnittsfeld der *Lamina cribrosa* treiben kann, während an den anderen Theilen des Sehnerven meist nur die der Einstichstelle benachbarte Hälfte gefüllt wird. Im übrigen verhalten sich die Lymphbahnen der *Lamina cribrosa* ganz so, wie die des extrabulbären Theiles des Sehnerven, mit denen sie continuirlich zusammenhängen. Die normalen Abflusswege für die Sehnerven-Lymphe verlaufen nach dem Gesagten einmal zwischen den Bündeln selbst nach dem Gehirn zu, andererseits bestehen zahlreiche Communicationen mit dem subarachnoidalen Raume, welche aber für gewöhnlich nur von innen nach aussen durchgängig sind, da bei Injectionen in den genannten Raum eine Füllung der *Lamina cribrosa* nicht beobachtet wird.

In einigen Fällen scheinen die Widerstände, welche sich dem Eindringen in die *Lamina cribrosa* von aussen her durch die Pialscheide in den Weg stellen, geringer zu sein; so mögen die Injectionsresultate von H. Schmidt (21) ihre Erklärung finden, der nach Injection in den Subdural-(Arachnoidal-)raum der Schädelhöhle vom subvaginalen Raume aus eine Füllung der Lymphbahnen in der *Lamina cribrosa* erhielt. Michel (25), Manz (22) und ich konnten kein ähnliches Resultat erhalten.

Das beschriebene Lymphspaltensystem zwischen den Opticusfaserbündeln und in der Pialscheide wurde zuerst von His (17) erwähnt. Wolfring (24 u. 29) [1]) gedenkt eines gleichen in der *Lamina cribrosa*.

Literatur.

1) F. Arnold, Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. Heidelberg u. Leipzig 1832.
2) J. Hyrtl, Berichtigungen über das Ciliarsystem des menschl. Auges. Oesterreichische medic. Jahrbücher. Bd. 28 oder Neueste Folge. 19. Bd. Wien 1839. Enthält S. 15 u. 16 Angaben über die Blutgefässe des Sehnerven und seiner Scheiden.
3) C. F. T. Krause, Handbuch der menschl. Anatomie. I. Bd. 2. Theil. Hannover 1842.
4) E. Brücke, Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. Berlin 1847.
5) Kölliker, Mikroscopische Anatomie. II. Bd. 1. Hälfte. Leipzig 1850.
6) Hassall's Mikroscopische Anatomie, übersetzt von O. Kohlschütter. Leipzig 1852.

1) Wolfring's neueste Arbeit über diesen Gegenstand (29), die theilweise mit meinen Untersuchungen übereinstimmende Resultate ergeben hat, ging mir erst nach Vollendung dieser Arbeit zu und konnte deshalb nicht näher berücksichtigt werden.

7) A. Hannover, Das Auge. Leipzig 1852. 1. Ueber den Bau des Chiasma opticum mit daran geknüpften Bemerkungen über das Sehen.

8) H. Sahmen, Disquisitiones microscopicae de chiasmatis optici textura. Dissert. Dorpati 1854.

9) R. Loewig, Beiträge zur Morphologie des Auges. Studien des physiolog. Instituts zu Breslau, herausgegeben von Reichert. Leipzig 1858.

10) Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Archiv für Ophthalmologie. Bd. I, 2.

11) H. Müller, Ueber Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Archiv für Ophthalmologie. Bd. IV, 2. 1858.

12) Klebs, Zur normalen u. pathologischen Anatomie des Auges. Virchow's Archiv. Bd. 19.

13) v. Ammon, Zur genaueren Kenntniss des Nervus opticus, namentlich dessen intraocularen Endes. Prager Vierteljahrsschrift für prakt. Heilkunde. 17. Jahrg. 1860. 1. Bd.

14) v. Jaeger, Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien 1861.

15) Th. Leber, Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschlichen Auges. Denkschriften der Wiener Academie. 24. Bd. 1865.

16) Henle, Handbuch der Eingeweidelehre. Braunschweig 1866. S. 582—586.

17) W. His, Lymphgefässe der Retina. Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. IV. Bd. 1865. S. 256.

18) C. Sappey, Recherches sur la structure de l'enveloppe fibreuse des nerfs (Comptes rendus 4. Novembre 1867). Journal de l'anatomie. Vol. V. 1868.

19) Th. Leber, Beiträge zur Kenntniss der atrophischen Veränderungen des Sehnerven nebst Bemerkungen über die normale Structur des Nerven. Archiv für Ophthalmologie. Bd. 14, 2. 1868.

20) G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. I. Theil. M. Schultze's Archiv. Bd. VI. 1869.

21) H. Schmidt, Zur Entstehung der Stauungspapille (Neuritis optica intraocularis) bei Hirnleiden. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XV, 2. 1869.

22) W. Manz, Experimentelle Untersuchungen über Erkrankungen des Sehnerven in Folge von intracraniellen Krankheiten. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XVI, 1.

23) Axel Key u. G. Retzius, Nordiskt medicinskt Arkiv. Bd. 2. No. 6, 13, 46. Referat s. Jahresbericht von Virchow und Hirsch für 1870. S. 28—31.

24) Wolfring, Ueber den Bau der Lamina cribrosa. Bericht über den 3. Congress der russ. Naturforschervers. in Kiew. (Russisch) s. Referat in Nagels Jahresbericht für 1870. S. 60.

25) J. Michel, Beiträge zur näheren Kenntniss der hintern Lymphbahnen des Auges. Arch. für Ophthalmol. Bd. 18, 1. 1872.

26) H. Quincke, Zur Physiologie der Cerebrospinalflüssigkeit. Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv. 1872.

27) G. Schwalbe, Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1872.

28) J. Michel, Beitrag zur Kenntniss der Entstehung der sog. Stauungspapille und der pathologischen Veränderungen in dem Raume zwischen äusserer und inherer Opticusscheide. Archiv für Heilkunde. 1872.

29) Wolfring, Beitrag zur Histologie der Lamina cribrosa sclerae. Archiv für Ophthalmol. Bd. 18, 2. 1872.

30) Th. Leber, Bemerkungen über die Circulationsverhältnisse des Opticus und der Retina. Archiv für Ophthalmologie. Bd. 18, 2. 1872.

31) Lieberkühn, Ueber das Auge des Wirbelthier-Embryo. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Bd. 10. 1872.

32) V. v. Mihalkovics, Untersuchungen über den Kamm des Vogelauges. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. IX. S. 591. 1873.

II. Die Retina.

§ 11. Durch den engen Ring der Chorioides treten die Sehnervenfasern, in Bündel gesondert, ins Innere des Augapfels ein, um alsbald nach ihrem Eintritt in der Höhe der inneren Fläche der Netzhaut in einem mehr oder weniger steilen Bogen umzubiegen und in der Ebene der Retina auszustrahlen.

Betrachten wir den Abschnitt des Sehnerven, der sich nach innen von der *Lamina cribrosa* und in der Ebene der Retina befindet, bereits als einen Theil der letzteren, so müssen wir sagen, dass dieselbe an der Eintrittsstelle des Opticus nur aus leitenden Elementen, Nervenfasern besteht, dass ihr die anderen unten ausführlicher darzustellenden Lagen vollständig fehlen.

Die weiteren Eigenthümlichkeiten dieser Stelle werden durch die Art der Nervenausbreitung bedingt. Wir wissen, dass der Sehnerv hier innerhalb eines centralen Bindegewebsstranges die Centralgefässe der Netzhaut birgt. Indem die Nervenfaserbündel in der Höhe der inneren Fläche der Retina bogenförmig umbiegen, vom Mittelpunct des Opticus nach Art von Radien über die Netzhaut ausstrahlend, kommt der centrale Bindegewebsstrang zu Tage und mit ihm die grösseren Gefässe, welche sich alsbald theilen und in die Nervenfaserschicht der Retina einsenken. Das Ende des centralen Bindegewebsstranges stösst so unmittelbar an den Glaskörper, dessen Centralcanal, dieselbe Richtung verfolgend, sich hier anschliesst. Ein Durchschnitt senkrecht durch die Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven zeigt dies in deutlichster Weise (Fig. 1 und 12). Man sieht dabei aber zugleich, dass das Ende des centralen Stranges weiter entfernt vom Mittelpuncte des Augapfels liegt, als die Umbiegungsstelle der Nervenfasern in die Ebene der Retina. Die Eintrittsstelle hat deshalb in diesen Schnitten die Gestalt einer mehr oder weniger tiefen Grube, in deren Grunde der centrale Bindegewebsstrang mit den Gefässen sichtbar wird. Die Grube wird von einem Walle umgeben, den die umgebenden Sehnervenfasern bilden. Da der Wall im normalen Auge ein wenig weiter nach dem Innern des Auges vorragt, als die Ebene der Netzhaut, so entsteht an der Eintrittsstelle des Opticus eine Prominenz von kreisrundem oder kurz ovalem Durchschnitt, die *Papilla optici*, in der Mitte mit einer leichten Grube versehen, der sogenannten physiologischen Excavation des Sehnerven. Gewöhnlich liegt die tiefste Stelle dieser Grube nicht genau im Centrum der Papille, sondern der Seite der *Macula lutea* genähert. Ihre Ränder sind ferner nicht auf allen Seiten und bei allen normal sehenden Individuen gleich steil. Auf der Seite des gelben Fleckes steigen sie stets steiler an, wie auf der diametral entgegengesetzten. Dies hat seinen Grund darin, dass an der Seite des gelben Flecks die Retina in der Umgebung des Opticus nicht mit zugeschärftem Rande aufhört, sondern fast senkrecht abgestutzt, während sie auf der entgegengesetzten Seite einen zugeschärften Rand besitzt. Durch das steilere Ansteigen des Walles ist aber durchaus keine stärkere Prominenz an dieser Stelle der Papille bedingt. Im Gegentheil erscheint in vielen Fällen der Wall auf der Seite des gelben Fleckes sogar niedriger, als der gegenüberliegende, weil an ersterem Orte viel weniger Nervenfasern umbiegen, also die Nervenfaserschicht eine dünnere ist (H. Müller (61). Es kommen auch Fälle vor, wo überall im ganzen Umfange des Opticus die

Retina zugeschärft endet und wieder andere, wo sie überall steil abgeschnitten aufhört. Ersteres hat eine tiefe, beinahe die Ebene der Chorioides erreichende physiologische Excavation zur Folge, die aber durch sanft ansteigende Ränder ausgezeichnet ist (H. Müller) (61), während im zweiten Falle die Excavation einen geringeren Durchmesser und steilere Ränder besitzt, indem die innersten Sehnervenfasern erst eine Strecke weit noch der Axe des Sehnerven folgen und dann rechtwinklig umbiegen; auch die Tiefe ist in diesem Fall gering, da die Centralgefässe ebenfalls weiter nach innen dringen.

In Betreff des Verhaltens der Centralgefässe innerhalb der *Papilla optici* sei hier nur erwähnt, dass die Art ihres Eintritts in die Schichten der Netzhaut ebenfalls variirt (H. Müller) (61). Bald gehen sie ungetheilt bis zum Grunde der Excavation, um dann erst sich theilend mit ihren Aesten bogenförmig in die Nervenfaserschicht sich einzusenken, bald senden sie schon früher Aeste schräg auf kürzerem Wege zur Netzhaut. Die Centralvene theilt sich gewöhnlich früher wie die *Arteria centralis*. Ausser den Aesten der grossen Gefässe erhält die Retina noch zahlreiche kleinere, welche aus dem Gefässnetz der *Lamina cribrosa* stammen, über deren Anordnung und Zusammenhang unten (Capitel: Gefässe der Retina) berichtet werden wird.

Der Durchmesser der *Papilla optici* beträgt im Mittel 1,6 Mm.; diese Grösse schwankt bei einzelnen Individuen zwischen 1,5 und 1,7 Mm. (H. Müller (60), Hannover (39)).

In der *Papilla optici* behalten die Sehnervenfasern ihre Anordnung zu gröberen und feineren Bündeln, wie wir sie im Opticusstamme fanden, bei; die Bündel sind aber jetzt nicht mehr durch das von der Pialscheide oder vom Skleralrande ausgehende Bindegewebsgerüst abgegrenzt, sondern nur unvollständig durch bogenförmige Faserzüge geschieden, in welche sich der centrale Bindegewebsstrang des Opticus bis zum Grunde der physiologischen Excavation allmählich auflöst. Diese Verhältnisse übersieht man am besten an Längsschnitten des Sehnerven, welche genau durch die Mitte der Papille gehen (s. Fig. 12). Man erkennt an solchen leicht, dass der die Centralgefässe begleitende Bindegewebsstreifen nach dem Innern des Bulbus zu allmählich schmäler wird, indem er nach allen Seiten hin feine Faserzüge zwischen die Nervenfaserbündel entsendet. Diese Faserzüge beschreiben Bogen, welche ihre Convexität nach dem Innern des Auges zu wenden, gerade so wie die in der Höhe der Chorioides befindlichen, während die *Lamina cribrosa* nach dieser Seite hin eher eine leichte Concavität zeigt. Die vom centralen Strange abstammenden Bogen bilden die Hauptmasse des Bindegewebes der Papille; nur wenige dünne Faserzüge gehen von dem innersten Winkel der Chorioides aus, lassen sich auch nur eine kleine Strecke weit ins Innere des Sehnerven verfolgen. Sobald die Sehnervenfasern zur Ebene der Retina sich umgebogen haben, treten die unten zu beschreibenden Radialfasern auf. Zwischen ihnen und den bogenförmigen Bündeln echten fibrillären Bindegewebes bleibt gewöhnlich die Umbiegungsstelle der Nervenfasern frei von faserigen Bindegewebselementen. Dagegen hört auch hier und in der Retina selbst, wie wir unten sehen werden, die Sonderung der Nervenfasern in Bündel nicht auf; die Bündel sind aber nur noch durch capillare mit Lymphe erfüllte Spalten getrennt, die theilweise von platten der Oberfläche der Nervenfaserbündel

anklebenden Zellen ausgekleidet sind. Diese platten Zellen entsprechen in allen Stücken den aus dem Sehnervenstamme beschriebenen zelligen Elementen der sogenannten Neuroglia, sie finden sich ferner in gleicher Weise, wie wir sehen werden, in der ganzen Nervenfaserschicht der Retina zwischen die Nervenfasern eingestreut. An allen diesen Orten gleichen sie sehr isolirten Endothelzellen, worauf schon früher hingewiesen wurde. Es ist wichtig, sich an die Gruppirung der Nervenfasern zu mehrfach über einander liegenden Bündeln in der *Papilla optici* und deren nächster Umgebung zu erinnern, wenn man gewisse Injectionsresultate, die unten im Zusammenhange berücksichtigt werden sollen, verstehen will. Die Art der Ausbreitung auf der Retina ist der Art, dass die äusseren Bündel des Sehnerven auch am weitesten nach aussen in der Nervenfaserschicht der Netzhaut zu liegen kommen, sich also früher in letztere einsenken, als die centralen Nervenfaserbündel, welche zunächst auf der inneren Oberfläche der Retina ihre Ausbreitung finden. — Die zu Bündeln vereinigten Nervenfasern selbst sind marklos; ich werde ihre Eigenschaften bei der Besprechung der Nervenfaserschicht der Retina näher schildern.

Die eben gegebene Darstellung des Bindegewebes der *Papilla optici* weicht in einigen Puncten von denen H. Müller's (60) und Klebs' [1]) ab. Nach den Darstellungen dieses Forschers sollen die Bindegewebszüge der *Lamina cribrosa* innerhalb der Papille, indem sie ihre Richtung zum Auge verändern, aber die Richtung senkrecht auf die Sehnervenfasern auch während deren Umbiegung beibehalten, allmählich in die Radialfasern übergehn. Nach der Zeichnung von Klebs (Figur 1, Tafel VII) beschreiben die der *Lamina cribrosa* benachbarten Bindegewebszüge zwar ebenfalls Bogen, aber solche, deren Concavität dem Innern des Auges zugeneigt ist. Dem widersprechen meine Beobachtungen direct, da ich stets die Convexität dem bezeichneten Puncte zugekehrt fand.

Nach Klebs findet sich im Grunde der Papillen-Excavation eine grössere Menge eigenthümlicher rundlicher Zellen mit klarem Inhalt, grossem dunklen Kern und Ausläufern, die ein Netzwerk formiren. Aus diesem Netzwerk soll sich der Anfangstheil der *Limitans retinae* zusammensetzen, während die am meisten central gelegenen Zellen die Wurzel der Hyaloidea bilden sollen. Offenbar sind letztere die Analoga der Masse, welche im Auge des Ochsen einen weisslichen, von der Mitte des Papillengrundes in den Glaskörper hineinragenden Zapfen darstellt. Letzterer besteht nach den Untersuchungen von H. Müller [2]) aus einer structurlosen Scheide, innerhalb deren das obliterirte Centralgefäss von zahlreichen in eine structurlose oder körnig-streifige Grundlage eingebetteten Kernen umhüllt wird. Die Spitze des weissen Zapfens setzt sich in Form einer fadenartigen Verlängerung durch den Glaskörper hindurch bis gegen die Linse hin fort. Einen ähnlichen Zapfen beobachtete Meissner [3]) im Auge eines alten Mannes. Ueber die Bedeutung dieses Stranges siehe das Capitel: »Glaskörper«.

§. 12. Eintheilung der Netzhaut in Schichten.

In ihrer ganzen Ausdehnung vom Sehnerven-Eintritt bis zur *Ora serrata* zeigt sich die Retina als eine höchst complicirt gebaute Membran, deren Durchschnitt mehrere wohl characterisirte Schichten erkennen lässt. Eine genaue Schilderung derselben und brauchbare Nomenclatur verdanken wir H. Müller (60). Derselbe unterscheidet von innen nach aussen folgende 8:

---

1) Siehe Literatur zum Abschnitt: Sehnerv No. 12.

2) Ueber die Arteria hyaloidea als ophthalmoscopisches Object. Archiv f. Ophthalmologie II. S. 65—69. 1856.

3) Jahresberichte von Henle und Meissner für 1856. p. 362.

1) Begrenzungshaut, *Membrana limitans.*
2) Nervenfaserschicht.
3) Nervenzellenschicht.
4) Granulöse Schicht.
5) Innere Körnerschicht
6) Zwischenkörnerschicht } Körnerschicht.
7) Aeussere Körnerschicht
8) Stäbchenschicht.

Diese Eintheilung und Nomenclatur hat durch die spätereren Untersuchungen über die Netzhaut nur wenig Abänderungen erfahren. M. SCHULTZE (67) machte darauf aufmerksam, dass die Grenze zwischen äusserer Körnerschicht und Stäbchenschicht durch eine scharfe glänzende Linie markirt wird, den Ausdruck einer eigenthümlich gebauten Membran, die er als *Limitans externa* in die Reihenfolge der Schichten einschaltete. Die Untersuchungen von KÖLLIKER und BABUCHIN (91) haben ferner festgestellt, dass das sogenannte *Tapetum nigrum*, die auf der Innenfläche der Chorioides ausgebreitete Lage sechsseitiger pigmentirter Zellen, die früher allgemein als Bestandtheil letztgenannter Haut aufgeführt wurde, der Retina zuzuweisen ist, da die Entwicklungsgeschichte ganz unzweideutig lehrt, dass dieses Pigmentepithel in gleicher Weise wie die Retina aus der secundären Augenblase entsteht, letztere aus dem inneren, ersteres aus dem äusseren Blatte derselben. Ueberdies zeigt namentlich bei den niederen Wirbelthieren das Pigmentepithel viel innigere Beziehungen zur Retina, wie zur Chorioides, da es mehr oder weniger lange pigmentirte wimperartige Fortsätze in die Stäbchenschicht zwischen die Elemente derselben sendet. Man hat sich deshalb mit Recht dahin entschieden, das Pigmentepithel unter den Schichten der Retina aufzuführen und wird dadurch deren Zahl auf 10 gebracht.

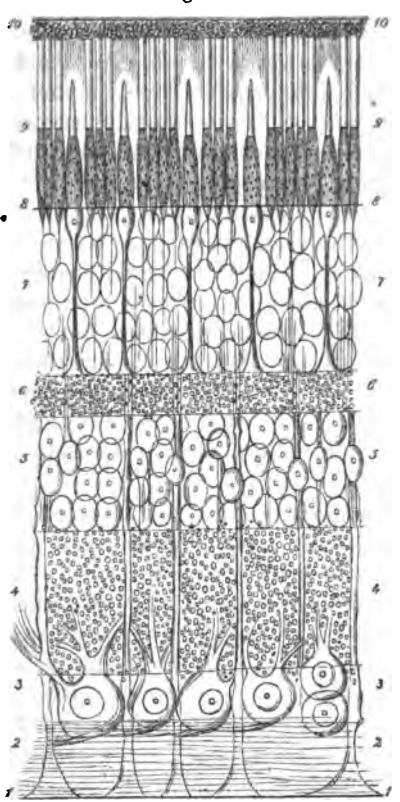
Im Allgemeinen herrscht in den neueren Arbeiten über die Abgrenzung der Schichten Einigkeit, während in der Benennung einige Verschiedenheiten obwalten. So bezeichnet HENLE (114) die Nervenzellenschicht H. MÜLLER's als innere gangliöse, die Lage der inneren Körner als äussere gangliöse Schicht. Die granulöse Schicht MÜLLER's, von Anderen auch moleculäre genannt, wird von HENLE als innere granulirte der äusseren granulirten oder dem äusseren Theile der Müller'schen Zwischenkörnerschicht entgegengestellt. HENLE scheidet nämlich letztere in 2 Abtheilungen: die äussere granulirte und äussere Faserschicht, die H. MÜLLER bereits genau bekannt waren, die von ihm aber, da die äussere Faserschicht nicht in der ganzen Ausdehnung der Retina sich findet, unter dem Namen Zwischenkörnerschicht zusammengefasst wurden. M. SCHULTZE (109) zeigte darauf, dass die Fasern dieser Schicht vollständig übereinstimmen mit Elementen, die in den übrigen Gegenden der Netzhaut in der äusseren Körnerschicht verborgen liegen, und fasste deshalb mit Recht die äussere Faserschicht als eine Abtheilung der äusseren Körnerschicht auf.

Ich werde mich, was Zahl und Benennung der einzelnen Schichten betrifft, an die in STRICKER's Lehrbuch (150) von M. SCHULTZE gegebene Aufzählung anschliessen und unterscheide somit von innen nach aussen gezählt (vergl. Fig. 13).

1) *Membrana limitans interna.*
2) Nervenfaserschicht.
3) Ganglienzellenschicht.

4) Innere granulirte oder moleculäre Schicht.
5) Innere Körnerschicht.
6) Aeussere granulirte oder Zwischenkörnerschicht.
7) Aeussere Körnerschicht (incl. Henle's äussere Faserschicht).
8) *Membrana limitans externa.*
9) Stäbchen- und Zapfenschicht.
10) Pigmentepithel.





Schematischer Durchschnitt der Retina des Menschen (nach der Fig. 344 M. Schultze's in Stricker's Gewebelehre; nur ist die Dicke der Schichten nach den Messungen H. Müller's berechnet). 1) Membrana limitans interna. 2) Nervenfaserschicht. 3) Ganglienzellenschicht. 4) Innere granulirte Schicht. 5) Innere Körnerschicht. 6) Aeussere granulirte Schicht. 7) Aeussere Körnerschicht. 8) Membrana limitans externa. 9) Stäbchen- und Zapfenschicht. 10) Pigmentepithel.

Zur bequemeren Uebersicht lassen sich die Schichten der Netzhaut in einzelne grössere Abtheilungen ordnen in ähnlicher Weise, wie dies in neuerer Zeit von Henle (114) geschehen ist. Vergleicht man nämlich die Ausbreitung des Sehnerven im Auge mit der Ausbreitung des Olfactorius oder Acusticus so fällt ein gemeinsames Verhalten in die Augen: die percipirenden Gebilde werden durch eigenthümlich modificirte epitheliale Elemente dargestellt, sogenannte Neuro-Epithelien, deren Zusammenhang mit feinsten Nervenfäserchen M. Schultze wenigstens wahrscheinlich gemacht hat. Die Analoga dieser in der Retina sind anerkannter Maassen die Stäbchen und Zapfen, zu denen man aber, um sie als »Epithelzellen« aufführen zu können, noch die mit ihnen in Verbindung stehenden Fasern und Körner rechnen muss (vergl. Kölliker, Mikrosc. Anatomie II, 2. S. 730). Folgt man dieser Auffassung, so wird die ganze äussere Oberfläche des inneren Blattes der secundären Augenblase von einem pallisadenartigen Sinnesepithel überzogen, das seine Kerne gerade so wie das Epithel der Geruchsschleimhaut erst von einer bestimmten Grenze an, etwa in der Mitte der Zellenhöhe, bis zur Basis derselben besitzt. Mit demselben Recht, wie wir in der Geruchsschleimhaut etc. von einem Sinnesepithel reden, können wir äussere Körner sowie Stäbchen- und Zapfenschicht als Neuroepithel der Netzhaut bezeichnen. Das Polster für dieses Epithel ist jedoch in den einzelnen Sinnesapparaten sehr verschieden. In der Geruchsschleimhaut und in dem häutigen Labyrinth ein nervenreiches Bindegewebe, zeigt es in der Schnecke bereits eine Textur, die einigermaassen einen Vergleich mit der des Retinagewebes zulässt. Innere

Körner und Radialfasern finden ihre Analoga [1]; die Ganglienzellen dagegen sind räumlich getrennt von dem Corti'schen Organ und liegen in der *Lamina spiralis ossea*. In der Retina sind die genannten Theile schichtenweise übereinander geordnet; es schiebt sich ferner ein neues Gebilde ein, die moleculäre Schicht. Ueberhaupt erscheint dieser zweite Theil der Netzhaut mit seinen inneren Körnern und Ganglienzellen in seinem Gefüge sehr ähnlich gewissen Abschnitten des Gehirns, besonders der Kleinhirnrinde. Da überdies die Entwicklungsgeschichte uns über die innigen Beziehungen der Augenblase zum Gehirn belehrt, so ist es durchaus nicht unpassend, diese zweite dickere Abtheilung der Retina als Gehirnschicht zu bezeichnen, wie dies früher bereits von HANNOVER (24) ausgeführt wurde. Auch die Brücke'sche Bezeichnung (28): *Tunica nervea* ist ganz passend. Es wird so zu sagen die Netzhaut zum grösseren Theil von einem schalenförmig gestalteten Stück Nerven-Centralorgan gebildet, das mit der Hauptmasse des centralen Nervensystemes durch einen Stiel, den Opticus, in Verbindung steht und auf seiner ganzen äusseren Oberfläche ein Sinnesepithel trägt.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so erhalten wir das folgende Uebersichtsbild der Zusammensetzung der Retina:

I. Inneres Blatt der secundären Augenblase.

<table>
<tr><td>1) Membrana limitans interna
2) Nervenfaserschicht
3) Ganglienzellenschicht
4) Innere granulirte oder moleculäre Schicht
5) Innere Körnerschicht
6) Aeussere granulirte Schicht</td><td>A. Gehirnschicht (nervöse Schicht HENLE).</td></tr>
<tr><td>7) Aeussere Körnerschicht (incl. HENLE's äussere Faserschicht)
8) Membrana limitans externa
9) Stäbchen- und Zapfenschicht</td><td>B. Neuroepithelschicht (musivische Schicht HENLE, Membrana Jacobi auct.)</td></tr>
</table>

II. Aeusseres Blatt der secundären Augenblase.

10) Pigmentepithel.

Die Schicht I, B. ist wesentlich identisch mit HENLE's (114) musivischer Schicht, nur dass seine äussere Faserschicht nicht davon ausgeschlossen werden darf. I, A. fällt bis auf die *Limitans interna*, die HENLE davon ausschliesst, mit der nervösen Schicht dieses Forschers zusammen. Unsere Epithelschicht entspricht ferner zum Theil dem Abschnitte der Retina, der von älteren Forschern seit BIDDER (16) als *Membrana Jacobi* beschrieben worden ist.

Die Stäbchen der Retina, die, wie HENLE (20) zeigte, bereits LEEUWENHOEK beim Frosch bekannt waren, wurden zuerst von TREVIRANUS (6) genauer studirt und als Endigungen der Sehnervenfasern angesehn. Allein der Umstand, dass dieselben sich leicht als zusammen-

[1] Vergl. WALDEYER, Hörnerv und Schnecke. STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 935 ff.

hängende Lage von der übrigen Netzhaut trennen, der Nachweis ferner, dass das, was ARTHUR JACOB (1) zwischen Chorioides und Retina beschrieben, die stäbchenförmigen Körper enthalte (HUSCHKE (5)), veranlassten es, dass die Mehrzahl der späteren Forscher sich der Ansicht BIDDER'S (16) zuwandte, es hätten die Stäbchen durchaus keine Beziehungen zu den Opticusfasern, bis durch H. MÜLLER die neueren Auffassungen angebahnt wurden. TREVIRANUS verlegte übrigens die Stäbchen auf die innere Seite der Nervenfaserschicht, und ist es ein Verdienst HANNOVER'S (24) mit aller Sicherheit als allgemein gültig für die Wirbelthier-Retina ihre bereits von MICHAELIS (21) erkannte Lagerung auf der äusseren Fläche der Netzhaut nachgewiesen zu haben.

In dem inneren Abschnitte der Netzhaut, der *Tunica nervea* BRÜCKE'S, der *Substance cérébrale* von HANNOVER unterschied man anfangs nur Nervenfasern und Körner oder Ganglienkugeln. Eine Scheidung der beiden letzteren Elemente findet sich schon bei VALENTIN (12), während HANNOVER (24) nur *Cellules cérébrales* kennt, von denen er eine Lage auf die innere, eine andere auf die äussere Seite der Sehnerven-Ausbreitung verlegt. Auch VALENTIN kannte die wahre Lagerung der Schichten nicht; nach ihm folgen nämlich von innen nach aussen: 1) Körnerschicht, 2) Schicht der Ganglienkugeln, 3) Sehnervenfasern, 4) *Membrana Jacobi.* Erst BRÜCKE (23) lehrte die Körnerschicht genauer kennen und beschrieb sie in ihrer richtigen Lage. Man vermisst aber in seiner Eintheilung noch die beiden granulirten Schichten. Die innere granulirte wurde zuerst von PACINI (26) erkannt, aber nicht richtig gedeutet und als Schicht der grauen Nervenfasern bezeichnet. Die Scheidung der Körner in innere und äussere und den Nachweis der äusseren granulirten oder Zwischenkörnerschicht finden wir zuerst bei BOWMAN (29).

In neuester Zeit ist von M. SCHULTZE (161) eine auffallende Abweichung von der gewöhnlichen Reihenfolge der Netzhautschichten aus der Retina von Petromyzon beschrieben worden. Seinen Beobachtungen zu Folge liegen hier die Ganglienzellen unmittelbar nach innen von der äusseren granulirten Schicht; es schliessen sich ihnen weiter nach innen an zuerst die Nervenfaserschicht, dann innere Körner und unmittelbar an der *Limitans interna* die innere granulirte Schicht. LANGERHANS (170) bestätigt zum Theil diese Angaben; doch unterscheidet er zwei Nervenfaserlagen, eine in der Ganglienzellenschicht, eine andere zwischen inneren Körnern und innerer granulirter Lage. Nach LANGERHANS ist demnach die Reihenfolge der Schichten in der Netzhaut von *Petromyzon Planeri* folgende: 1) Stäbchen und Zapfen, 2) äussere Körner, 3) äussere granulirte Schicht, 4) Ganglienzellen mit äusserer Nervenfaserlage, 5) innere Körner, 6) innere Nervenfaserschicht, 7) innere granulirte Schicht, 8) *Limitans interna.* In der inneren granulirten Schicht fand er jedoch nahe der *Limitans interna* ebenfalls eine Reihe von Ganglienzellen, die wohl der eigentlichen Ganglienzellenschicht der Fische gleich zu setzen ist. Die beiden Reihen grosser epithelähnlicher Zellen zwischen äusseren und inneren Körnern, die LANGERHANS als Ganglienzellen deutet, entsprechen offenbar den eigenthümlichen sternförmigen Zellen, welche seit H. MÜLLER (32) aus diesem Theile der Fisch-Retina beschrieben sind, also dem inneren Theile der äusseren granulirten Schicht (vergl. § 20). Einen zwingenden Beweis für die Ganglienatur dieser Zellen hat LANGERHANS nicht beigebracht. Das Eigenthümliche der Netzhaut von *Petromyzon Planeri* bleibt dann nur die Ausbreitung der Nervenfasern zwischen inneren Körnern und innerer granulirter Schicht.

Messungen der Dicke der einzelnen Schichten der Retina in verschiedener Entfernung von der Eintrittsstelle verdanken wir H. MÜLLER (60). Die Resultate derselben sind in beifolgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt, in welcher die Zahlen die Dicke der einzelnen Schichten auf der inneren oder Nasenseite der Netzhaut in Millimetern angeben.

Entfernung vom Rand der Eintrittsstelle.	Nervenfaser-schicht.	Ganglien-zellschicht.	Innere granulirte Schicht.	Innere Körnerschicht.	Aeussere granulirte Schicht.	Aeussere Körnerschicht.	Stäbchen-schicht.
0,5	0,2	0,045	0,036—0,04	0,033—0,038	0,03—0,04	0,045—0,065	0,05
1	0,1—0,12	—	—	—	—	—	—
2	0,04—0,08	—	—	0,025—0,033	—	0,036—0,05	—
5	0,02—0,03	0,012	—	—	—	—	—
8	0,025—0,028		—	—	—	—	0,045
11	0,02		0,024	0,024	0,028	—	—
14	—		0,02	0,02	0,02—0,028	0,03	—
18	0,04—0,045			0,016—0,02	0,012—0,016	0,025	0,04

Aus dieser Tabelle geht zunächst hervor, dass die Schichten der Nervenfasern und Ganglienzellen continuirlich nach der *Ora serrata* zu an Dicke abnehmen; in einer Entfernung von 8 Mm. von der Papille lassen sie sich bereits nicht mehr als gesonderte Lagen messen. Von den übrigen Schichten erhält sich am gleichmässigsten die innere granulirte, die erst in einer Entfernung von 11 Mm. von der Eintrittsstelle des Sehnerven eine Abnahme erkennen lässt, während die Lage der inneren sowohl, wie der äusseren Körner ganz allmählich nach der *Ora serrata* zu dünner wird, die der inneren etwas mehr, wie die der äusseren. Die Schicht der äusseren Körner ist in der Retina des Menschen constant von grösserer Mächtigkeit, als die innere Körnerlage. Die Zwischenkörnerschicht variirt am meisten und ist wohl deren Dicke in den Zahlen H. Müller's etwas zu gross angegeben. Endlich erkennt man, dass die Stäbchen nach der *Ora serrata* zu allmählich um ein Geringes (etwa ein Fünftel) an Höhe abnehmen.

Etwas complicirter gestalten sich die Maassverhältnisse auf der äusseren Seite der Retina. Hier werden durch die *Macula lutea* und *Fovea centralis* die Dickenverhältnisse der einzelnen Schichten bedeutend geändert. Ich werde hierüber in dem Capitel über die *Macula lutea* und *Fovea centralis* zu berichten haben.

Während beim Menschen, wie dies aus den Zahlen H. Müller's hervorgeht, die äussere Körnerschicht eine dickere Lage darstellt, als die innere, finden wir in einigen Thierklassen gerade das umgekehrte Verhalten. Bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln besteht die äussere Körnerschicht nur aus zwei Reihen von Körnern und besitzt demnach eine viel geringere Mächtigkeit als die aus vielen Reihen bipolarer »innerer Körner« zusammengefügte innere Körnerschicht. Letztere ist z. B. bei der Taube nach H. Müller 0,05 Mm. dick, während daselbst die Dicke der äusseren Körnerschicht nur 0,02 Mm. beträgt. Aehnlich sind die Verhältnisse beim Frosch. Die Fische dagegen schliessen sich in dieser Beziehung wieder eng an die Säugethiere und den Menschen an, und zeigen demnach entweder ein Ueberwiegen der äusseren Körnerschicht, wie beim Menschen, oder beide Körnerschichten von gleicher Dicke. Letzteres findet sich z. B. beim Barsch (Dicke der äusseren Körnerlage 0,04—0,06, der inneren 0,04). Die moleculäre Schicht scheint bei den Fischen und Amphibien die bedeutendste Mächtigkeit zu erreichen.

§ 13. Gewebe der Netzhaut.

Die eben aufgezählten Schichten bestehen aus sehr mannichfach gebildeten Elementen. Während es uns aber in anderen Organen ein Leichtes ist, gestützt auf die Untersuchung der fertigen Theile und deren Entwickelung die verschiedenen das Organ constituirenden Gewebsformationen zu unterscheiden, ist diese Aufgabe bei der Retina, wie bei den Centralorganen des Nervensystems eine der schwierigsten. Gewöhnlich gibt man an, dass Bestandtheile des Nervengewebes, Nervenzellen und Nervenfasern der verschiedensten Art und in der mannichfachsten Weise vertheilt durch eine eigenthümliche Gewebsformation, eine sogenannte Bindesubstanz, zu einem Ganzen verbunden werden. Da aber diese sogenannte Bindesubstanz in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften sich durchaus abweichend von dem verhält, was man sonst dem Bindegewebe zuzurechnen pflegt, da dieselbe ferner auf chemischem Wege oft kaum eine Unterscheidung von nervösen Elementen zulässt, so war man von je her in der grössten Verlegenheit, einen scharfen Unterschied zwischen den bindegewebigen und nervösen Elementen in der Retina anzugeben. Weil es nun nicht gelang, den Zusammenhang der verschiedenen Netzhaut-Elemente mit Nervenfasern oder Ganglienzellen entweder sicher nachzuweisen oder sicher auszuschliessen, war man auf Vermuthungen angewiesen. So konnte es dann nicht ausbleiben, dass je nach der herrschenden Mode die einzelnen Bestandtheile bald für nervös, bald für bindegewebig erklärt wurden, dass z. B. Stäbchen und Zapfen zu einer Zeit für Elemente der Bindesubstanz, zu einer späteren Zeit von demselben Forscher für nervös erklärt wurden und dass noch in neuester Zeit der letzteren jetzt allgemein herrschenden Anschauung gegenüber von Krause (131) der nicht nervöse Character der Stäbchen und Zapfen verfochten werden konnte.

Fragen wir nun, wie wir uns dieser schwierigen Frage gegenüber zu verhalten haben, so müssen wir als ersten Grundsatz bei der Beurtheilung der Retina-Elemente den hinstellen, nur die Theile für nervös zu erklären, deren Zusammenhang mit Nervenfasern oder Nervenzellen man sicher demonstriren kann oder allenfalls noch solche, deren physikalische und chemische Beschaffenheit keine Unterschiede von der der nervösen Elemente erkennen lässt. Dies ist uns leider nur erst zum kleineren Theile gelungen, wie wir in der folgenden Darstellung sehen werden. Ich halte es deshalb jetzt noch für verfrüht, eine Eintheilung der Retina-Elemente in nervöse und bindegewebige Bestandtheile einer Beschreibung der Netzhaut zu Grunde zu legen, wie es von M. Schultze (150) geschehen ist. Ich ziehe es vor, in der ausführlicheren Beschreibung die Schichten der Netzhaut der Eintheilung zu Grunde zu legen, deren Elemente und ihren Zusammenhang vorurtheilsfrei zu beschreiben, und erst am Ende dieser Darstellung aus den gefundenen Thatsachen Schlüsse zu ziehen über den Zusammenhang der Nerven-Elemente der Retina nicht minder wie über die Frage, was wir in dieser Membran als Bindesubstanz zu bezeichnen haben.

Doch können wir uns die Uebersicht erleichtern, indem wir uns an die Entwicklungsgeschichte der Retina halten. Wir lernen dann, dass die Netzhaut aus der Anlage des centralen Nervensystems und dies aus dem axialen Theile des oberen Keimblattes entsteht, wir lernen ferner, dass aus den Spindelzellen, welche im Anfange radienförmig die Dicke der Netzhaut durchziehend, dieselbe

allein constituiren, allmählich sämmtliche Schichten sich differenziren, sowohl die Stäbchen und Zapfen, wie die allgemein den Bindesubstanzen zugezählten Radialfasern. Von einer Betheiligung des mittleren Keimblattes, das die Bindesubstanzen liefert, am Aufbau der Netzhaut ist nichts bekannt. Erst später wachsen Blutgefässe als Bestandtheile des mittleren Keimblattes hinein und bleiben die einzigen sicher als solche nachzuweisenden Elemente der aus dem mittleren Keimblatte stammenden echten Bindesubstanz. Alles, was sonst in der Retina als Bindesubstanz bezeichnet wird, unter Anderem die Radialfasern, hat also mit den nervösen Elementen und dem Epithel den Ursprung aus dem oberen Keimblatt gemein. Wollen wir also eine auf die Keimblätterlehre gestützte Eintheilung der Retina-Bestandtheile unternehmen, so müssen wir zunächst die Gefässe der Retina als zum Bindegewebe gehörig trennen von den Abkömmlingen des oberen Keimblattes. An diesen lassen sich schon sehr früh, wie eine Abbildung von BABUCHIN (91 Fig. VII) vortrefflich illustrirt, zwei Abtheilungen scharf unterscheiden: 1) eine Art Epithellager, die Aussenseite der embryonalen Netzhaut einnehmend und 2) die Schichten, welche die von mir als Gehirnschicht bezeichnete Abtheilung constituiren. Aus ersterem bilden sich Stäbchen und Zapfen, so wie äussere Körner. Es tritt dies Epithel auch später noch in einen auffallenden Gegensatz zu den übrigen inneren Schichten, als nur letztere Blutgefässe erhalten, unser Neuroepithel aber gerade so wie die echten Epithelien stets gefässlos gefunden wird. Wir sind demnach berechtigt die aus dem oberen Keimblatt stammenden Theile der Netzhaut in ein Epithel- und Nervengewebe zu trennen. In letzterem treten aber insofern wieder Differenzirungen auf, als nur ein Theil des Bildungsmaterials sich zu Nervenzellen und Nervenfasern umformt, ein anderer dagegen zu einer die nervösen Elemente verkittenden oder dieselben stützenden (Radialfasern) Substanz wird. — Wenn wir Stäbchen und Zapfen mit äusseren Körnern als Sinnesepithel bezeichnen, so ist damit nicht geleugnet, dass Nervenfasern in dieses Epithel hineindringen und hier entweder in Continuität oder innige Berührung mit den Epithelzellen treten können. Die Frage nach der Art der Nervenendigung wird dann bei dieser Auffassung dieselbe, wie bei den anderen Sinnesorganen.

§ 14. Die Stützfasern der Retina.

Ich gehe nun zur speciellen Beschreibung der Netzhautschichten über und würde dieselbe mit der *Limitans interna* beginnen müssen. Allein zur Entscheidung verschiedener über diese Membran aufgeworfener Fragen ist es nothwendig, erst eine andere durch die ganze Gehirnschicht der Netzhaut und die äussere Körnerschicht in radiärer Richtung sich erstreckende Formation kennen zu lernen, die von H. MÜLLER entdeckten Radial- oder Stützfasern nach dem Entdecker auch als Müller'sche Fasern bezeichnet.

Diese Fasern sind in den verschiedenen Abschnitten der Retina in verschiedener Zahl und Anordnung vorhanden. In den centralen Partieen wo die Schicht der Sehnervenfasern noch ein grosse Mächtigkeit besitzt, erscheinen sie reihenweis in der Richtung von Meridianen angeordnet, so dass durch je zwei Reihen derselben immer ein Opticusfaserbündel abgegrenzt wird, eine Anordnung, die besonders schön an Aequatorialschnitten zu erkennen ist. In dem Maasse, als die Opticusfaserschicht an Mächtigkeit abnimmt, ihre Nervenf

bündel sich verdünnen, verflachen, rücken die Radialfasern näher aneinander, ihre regelmässige Reihen-Anordnung verliert sich: sie zeigen sich nun gleichmässig vertheilt und dicht an einander liegend. Ein solches Bild gewähren die peripheren Theile der Netzhaut nahe der *Ora serrata*. Welche Veränderungen innerhalb der letzteren eintreten, wird unten erörtert werden. Hier sei noch bemerkt, dass an der Stelle des deutlichsten Sehens, im Bereich der *Macula lutea* die Radialfasern nur schwach entwickelt sind.

Mit H. Müller (60) unterscheiden wir an jeder Radialfaser 2 Abschnitte, einen inneren und äusseren. Die Grenze zwischen beiden liegt in der inneren Körnerschicht und wird durch ein »inneres Korn«, welches stets eine innige Beziehung zu den betreffenden Radialfasern erkennen lässt und deshalb als Kern der Radialfaser bezeichnet wird, markirt. Die äussere Abtheilung ist dadurch characterisirt, dass sie sich nahe an der Grenze der Zwischenkörnerschicht in feinere Fasern oder zarthäutige Lamellen spaltet, welche in die äussere Körnerschicht divergirend hineinstrahlen und in vielen Fällen ihre letzten Enden sogar erst in der Stäbchen- oder Zapfenschicht finden. Ich werde diesen Abschnitt bei der Beschreibung der äusseren Netzhautschichten berücksichtigen.

Der innere Theil der Radialfaser durchsetzt in einer nur selten merklich von der radiären abweichenden Richtung sämmtliche innere Lagen der Netzhaut, um an der inneren Grenze der Nervenfaserschicht mit einer kegelförmigen Anschwellung (Radialfaserkegel) zu endigen, deren Basis mit den Basen der benachbarten Radialfaserkegel das bildet, was man *Limitans interna retinae* genannt hat. Es lässt sich dieser Theil mittelst Jodserum oder Kochsalzlösungen von 10 pc. leicht im Zusammenhang aus den betreffenden Schichten isoliren. Auch dünne Chromsäurelösungen ($\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{20}$ pc.) sind sehr brauchbar; es sind aber die dadurch erhaltenen Bilder mit Vorsicht hinzunehmen, da hierbei mannichfache Kunstproducte, durch das Eintreten von Gerinnungen entstanden, zur Beobachtung kommen können. Am einfachsten und klarsten sind die Verhältnisse bei Fischen und Amphibien. Hier lassen sich die Radialfasern leicht als scharfbegrenzte glatte Cylinder durch die innere granulirte Schicht verfolgen, ohne mit derselben directe Verbindungen einzugehen. Zwar sieht man an Isolationspräparaten öfter Körnchen jener Schicht den Radialfasern anhaften, gerade so wie an den in dieselbe hineindringenden und daraus isolirten Ganglienfortsätzen, aber eine Continuität mit dieser »moleculären Masse« ist an Fasern, die durch Jodserum oder Kochsalzlösungen isolirt sind, nicht nachzuweisen. Auf Flächenschnitten der inneren granulirten Schicht der Frosch-Retina sieht man dem entsprechend die Radialfaser-Querschnitte als kleine mattglänzende Kreise gegen die granulirte Substanz scharf abgegrenzt. In der inneren Körnerschicht zeigen die Radialfasern des Frosches selbst noch nach Maceration in 10 procentiger Kochsalzlösung ausserordentlich zarte, glashelle plattenförmige Fortsätze, die, nach den verschiedensten Richtungen hin abtretend, Nischen bilden, in denen innere Körner ihren Platz finden. Eine zickzackförmige Knickung oder spiralige Drehung dieser Theile der Radialfasern kommt an denselben Präparaten nicht selten zur Beobachtung. Etwas Aehnliches beobachtete Manz (76. p. 315) an den Radialfasern des Frosches innerhalb der inneren granulirten Schicht. Diesem Forscher gegenüber muss ich aber behaupten, dass in der Frosch-Retina sämmtliche Radialfasern von der kegelförmigen Anschwellung der *Limitans interna* an bis zu ihrem peripherischen

Ende in der äusseren Körnerschicht zu verfolgen sind, dass sich keine, sei es, dass sie von aussen oder innen komme, in der inneren granulirten Schicht auflöse. Kochsalzlösung- oder Jodserum-Präparate sind in dieser Frage bei weitem den an Gerinnseln reichen Alkohol-, Chromsäure- oder Chromsalzpräparaten vorzuziehn. — Vor der kegelförmigen Limitans-Endigung zeigen endlich die Radialfasern des Frosches sehr häufig innerhalb der Ganglienzellenschicht einen eigenthümlichen Anhang, der sich wie eine seitliche Wiederholung des Radialfaserkegels, wie ein seitlich an die Stützfaser vor ihrer Enderweiterung angesetztes kegelförmiges, an seinen Rändern ausgenagtes Dach ausnimmt. Es verliert sich dieser Anhang ebenso unmerklich zwischen den Elementen der Ganglienzellen- und Nervenfaserschicht, wie die feinen flügelförmigen Fortsätze in der inneren Körnerschicht.

Viel complicirter als die eben geschilderten stellen sich nun die Formverhältnisse bei Säugethieren und beim Menschen heraus. Selbst an Kochsalzpräparaten erscheinen die Contouren der Radialfasern innerhalb der inneren granulirten Schicht leicht zackig (z. B. beim Kalbe), aber vollständig glatt aus dieser Lage herausgelöst; an Chromsäurepräparaten gewinnt es den Anschein, als wenn diese Zacken unmittelbar in ein feines Reticulum, welches die granulirte Substanz darstellt, übergehn. Dazu kommt noch, dass die Fasern innerhalb dieser Lage fein, viel feiner als beim Fisch und Frosch sind; oft sind sie schwer hindurch zu verfolgen und hat es den Anschein, als wenn sie, sich netzförmig auflösend, in der inneren granulirten Schicht ihr Ende finden, sei es nun, dass sie von der inneren Körnerschicht oder von der *Limitans interna* her zu ihr gelangt waren. Endlich sind ihre inneren Limitans-Enden viel complicirter gebaut, wie bei den niederen Wirbelthieren. Bei guter Isolation sieht man, wie den Verhältnissen beim Frosche entsprechend die Radialfasern zarte flügelförmige Fortsätze seitlich abgeben, darauf sich spindelförmig oder plattenförmig erweitern und endlich mit einem niedrigen Kegel scharf abgeschnitten enden. Die spindelförmigen Erweiterungen erscheinen nicht selten zierlich durchlöchert. Hat man dagegen Mittel angewandt, welche die Kittsubstanz erhärten, (Alkohol, Müller'sche Lösung), so ist es schwer in den innersten Lagen der Netzhaut die einzelnen Radialfasern gesondert wahrzunehmen; es zeigen sich diese Schichten nun durchsetzt von einem höchst complicirt gestalteten Gerüst, das sich mit den Radialfasern innig zu verbinden scheint und deren wahre Beschaffenheit verdeckt (Ochs, Schaaf, Mensch). Höchst complicirt wird dies aus geronnener Kittsubstanz bestehende Gerüstnetz in der Retina des Pferdes und bietet hier namentlich in der Ganglienzellenschicht eigenthümliche Bilder, auf die ich unten zurückkomme. Die Schilderung, welche Ritter (95) von dem Bindegewebe der Walfisch-Retina an diesen Stellen gibt, scheint auf ähnliche Structur-Verhältnisse bei diesem Thiere hinzudeuten.

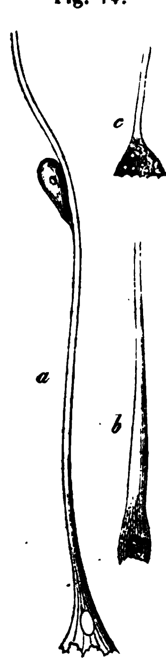
Die hier gegebene Erörterung der Beziehungen der Radialfasern zu den von ihnen durchsetzten Schichten steht nicht im Einklang mit den Anschauungen M. Schultze's (109, 150). Derselbe bediente sich zur Darstellung der seiner Beschreibung zu Grunde liegenden Präparate dünner Chromsäurelösungen. Diese sind aber von dem Vorwurf, auffallende Structurveränderungen hervorzurufen, nicht frei zu sprechen. Ich werde darüber in dem Abschnitt: »Innere granulirte Schicht« Weiteres mitzutheilen haben. Uebrigens leugne ich nicht, dass es einzelne Radialfasern gibt, welche innerhalb der inneren granulirten Schicht aufhören, sei es

dass sie von aussen oder von innen kommen. Solches fand ich häufig beim Pferde, RITTER (95) beim Walfisch. Ich stelle nur ihren Zusammenhang mit der granulirten Substanz in Abrede.

Beiläufig sei noch bemerkt, dass in der Vogel-Retina die Radialfasern durchweg sehr fein sind, am deutlichsten wahrzunehmen innerhalb der inneren Körnerschicht, wo sie membranöse Ausbreitungen bilden (HEINEMANN (96)). Ihre inneren kegelförmigen Enden sind viel feiner, als bei anderen Wirbelthieren.

Innerhalb der inneren Körnerschicht besitzt jede Radialfaser einen Kern, der bei der Isolirung an ihr haften bleibt und sich deutlich von den übrigen inneren Körnern unterscheiden lässt. Diese Radialfaserkerne sind bei den Säugethieren ellipsoidische Gebilde mit klarem homogenem Inhalt und kleinem kugeligem Kernkörperchen. Ihr längster Durchmesser ist parallel der Richtung der zu ihnen gehörigen Radialfaser gestellt. Sie erscheinen in sehr inniger Verbindung mit den zugehörigen Fasern, wie in Nischen derselben gelagert, mehr oder weniger seitlich prominirend. Bei den Vögeln liegen sie innerhalb spindelförmiger Anschwellungen; hier sowie bei den Fischen zeigen sie die oben beschriebene Gestalt. Beim Frosch dagegen fand ich sie an Jodserum-Präparaten eigenthümlich beutelförmig oder einem stark zugespitzten Ei vergleichbar: der stumpfe Pol ist dann (Fig. 14 a) stets nach aussen gerichtet, während der spitze sich nach innen der Radialfaser anschmiegt. Die Kerne liegen nur seitlich den Fasern an, etwa so wie Endothelkerne den Bindegewebsfibrillen-Bündeln. Vom spitzen Pol sah ich zuweilen eine feine Linie sich nach innen eine Strecke weit auf der Faser entlang ziehn; in einigen Fällen bemerkte ich eine solche auch vom stumpfen Pole ausgehend und auf der dem Kerne abgewandten Seite der Faser, so dass das Bild den Eindruck machte, als sei hier die Radialfaser von einer kernhaltigen platten glashellen Zelle umscheidet [1]). Es gelang mir jedoch nicht, den Kern mit einer solchen Zellplatte zu isoliren. Als feine isolirbare (nervöse) Fädchen kann ich aber trotzdem die beschriebenen Linien nicht auffassen, muss sie vielmehr nach Allem für die optischen Durchschnitte feiner glasheller Lamellen halten. Endlich ist hier noch einer Eigenthümlicheit der Radialfaserkerne des Frosches zu gedenken, die besonders schön nach eintägiger Einwirkung ganz dünner Chromsäurelösungen zur Anschauung kommt. Es zeigen dann nämlich diese Kerne an ihrem stumpfen Pole einen tiefen Eindruck, als wenn hier ihre Wand eingestülpt wäre, so dass sie eine Becherform erhalten.

Fig. 14.



Radialfasern v. Frosch, durch Jodserum isolirt. a mit beutelförmigem Kern im äusseren Theile; b mit Kern im Radialfaserkegel; c siebförmiger Radialfaserkegel. Zeiss F. Ocular 2.

Das innere Ende der Radialfasern geht in eine kegelförmige Anschwellung über, deren breite Basen mit den Grundflächen der Nachbarfasern die *Limitans*

[1]) Aehnliche feine Fäden sah bereits MANZ (76 p. 314) von den Radialfaserkernen des Frosches ausgehn.

interna darstellen. Nur innerhalb der *Macula lutea* werden sie vermisst. Die kegelförmigen Anschwellungen sind gewöhnlich complicirt gebaut und sehr in ihren Formverhältnissen variirend. Man muss zunächst einfache und getheilte innere Radialfaseranschwellungen unterscheiden. Erstere sind bei den niederen Wirbelthieren die Norm, letztere kommen neben einfachen in grosser Zahl bei den Säugethieren und beim Menschen vor. Die einfachen Radialfaserkegel stellen eine dreieckige Anschwellung mit sanft eingebogenen (Säugethiere) oder hervorgewölbten Seiten (Frosch) dar. Die Anschwellung kann glatt sein oder rauh durch feinere und gröbere longitudinale Leisten. In der Ebene der Limitans zeigt sich jede durch dünne Chromsäurelösungen oder durch Alkohol-Glycerinbehandlung wohl isolirte Radialfaser durch einen geradlinigen meist doppeltcontourirten Saum scharf begrenzt (Fig. 16, S. 371). Die Theiläste der Radialfaserenden verhalten sich ganz so wie die eben beschriebenen Gebilde: sie schwellen ebenfalls zu kleinen Kegeln an, deren Basis durch einen ähnlichen geradlinigen Saum gebildet wird. Am häufigsten ist die Zweitheilung; der eine Kegel ist in diesem Falle bedeutend grösser wie der andere, welcher dem Radialfaserende durch einen dünnen Stiel verbunden, wie ein seitlicher Anhang erscheint. Vielfache Theilungen der Radialfaserenden kommen nach H. Müller beim Menschen vor. Anastomosen zwischen einzelnen Theilästen, sowie zwischen benachbarten Kegeln gehören ebenfalls nicht zu den seltenen Erscheinungen. Beim Pferd wird das Bild überdies noch durch die in den innersten Schichten der Retina angehäufte gerinnungsfähige Kittsubstanz ein sehr complicirtes.

Was nun den feineren Bau der Radialfaserkegel betrifft, so lehren Jodserum-Präparate vom Frosch, dass man innerhalb derselben abgesehn vom Basalsaum zwei Substanzen zu unterscheiden hat. Es besteht nämlich der Kegelmantel aus einer viel resistenteren Masse, als das Innere des Kegels. Der Kegelmantel wird gebildet durch eine directe Fortsetzung der eigentlichen Radialfaser, sei es dass diese sich auf der Kegeloberfläche einfach ausfasert oder membranförmig ausbreitet. In letzterem Falle sieht man diese Membran oft zierlich durchlöchert (Fig. 14 *c*). Chromsäurepräparate zeigen den resistenteren Kegelmantel stets mit dem Basalsaum in Verbindung. Das Innere des Kegels wird von einer feinkörnigen Masse erfüllt, die an Jodserumpräparaten meist deutlich wahrzunehmen, selten herausgefallen ist, während sie durch dünne Chromsäurelösungen sehr verändert wird. In dieser Masse, die sich durch Carmin rosa färben lässt, findet sich sehr häufig beim Frosch ein rundlicher glänzender Kern ohne Kernkörperchen (Fig. 14 *b*). Beim Menschen und Ochsen sind solche Kerne an derselben Stelle bereits von Kölliker (127) nachgewiesen, beim Pferde von Santi Sirena (157). H. Müller (60) hat dieselben wahrscheinlich bei Fischen und beim Frosch schon gekannt, wie aus einigen Stellen seiner Abhandlung hervorgeht. Diese Kerne scheinen aber nicht bei allen Wirbelthieren und nicht in allen Fasern derselben Retina vorzukommen. So ist es mir nicht gelungen, in den Radialfaserkegeln des Schaafes durch Carminfärbung Kerne deutlich zu machen; wohl aber färbte sich diese Anschwellung immer intensiver, wie die von ihr nach aussen abtretenden Fasern, so dass auch da, wo der Kern fehlt, noch eine Spur von Protoplasma vorhanden ist. Man hat es also in den Radialfaserenden bald mit wirklichen Zellen bald mit Zellenrudimenten zu thun, die von einer mannichfach gestalteten Fortsetzung der resistenteren Fasern kelchförmig umfasst werden.

Diese Zellen und Zellenrudimente sind der Grund mancher irrthümlichen Angaben über den Bau der Retina gewesen. Die zarten die Radialfaserkegel ausfüllenden Protoplasmakörper lassen leicht nach Zusatz quellungserregender Agentien, z. B. Wasser, hyaline Kugeln hervortreten. Breitet man eine frische Retina nach Entfernung der Hyaloidea in Wasser mit ihrer inneren Fläche nach oben auf dem Objectträger aus, so bedeckt sich ihre ganze Oberfläche mit solchen hellen Kugeln (KÖLLIKER), die eine besondere Schicht der Retina vortäuschen können. Daraus erklärt sich HANNOVER's (24) Annahme einer Lage von Ganglienzellen auf der inneren Seite der Nervenfaserschicht. Es erklären sich ferner daraus eigenthümliche Bilder der äusseren Oberfläche der Hyaloidea, worüber Ausführlicheres im Capitel: »Glaskörper«. — Die oben beschriebenen Kerne der Radialfaserenden scheint bereits VINTSCHGAU (52 p. 964) gesehn zu haben. Er erklärt sie aber für Nervenzellen, die mit den Radialfasern zusammenhängen.

Wichtig ist die Frage nach der chemischen Natur der Radialfasern. Eine feine Streifung, die man zuweilen an ihnen wahrnimmt, sowie ihre Ausfaserungen in der äusseren Körnerschicht und auf ihrem Endkegel könnten zur Vermuthung führen, man habe es hier mit enggepressten Bündeln fibrillären Bindegewebes zu thun, allein ihr Verschwinden nach kurzer Behandlung mit übermangansaurem Kali belehrt uns darüber, dass ihre Substanz von der der Bindegewebsfibrillen total verschieden ist. Mit letzteren theilen sie jedoch die Eigenschaft, auf Zusatz von Essigsäure und besonders von verdünntem kaustischen Kali oder Natron zu quellen; dies geschieht aber, wie ich finde, viel langsamer, die Fasern sind gegen diese Agentien viel resistenter, wie Bindegewebsfibrillen. In kochendem Wasser lösen sie sich nicht. Durch Zucker und Schwefelsäure färben sie sich roth, durch Salpetersäure und Kali gelb (KÖLLIKER) (127). Die Substanz der Radialfasern kommt also den Eiweisssubstanzen am nächsten. Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass dieselbe im Radialfaserkegel eine andere noch zartere einschliesst, die ich oben als Zell-Protoplasma bezeichnet habe. Dieselbe löst sich in Kochsalzlösungen von 10 pc., während die eigentliche Fasersubstanz dadurch durchaus nicht verändert wird; es collabirt dann aber die kelchförmige Ausbreitung derselben nach Zerstörung des von ihr umfassten Zellrudiments.

Ueberblicken wir das, was wir über die Müller'schen Radialfasern gesagt haben, so erkennen wir dieselben als die ganze Dicke der Retina mit Ausnahme der Stäbchen- und Zapfenschicht durchsetzende feine Cylinder, die an verschiedenen Stellen seitliche flügelförmige Fortsätze besitzen und an zwei Stellen, in der inneren Körnerschicht und Basis, Kerne enthalten. Ihre Bedeutung ist offenbar durch den Namen Stützfasern am besten bezeichnet. Sie bilden Strebepfeiler zur Stütze der etagenweise zwischen ihnen angeordneten Retina-Elemente, zwischen welche sie mit ihren seitlichen Fortsätzen in der Ganglien- und inneren Körnerschicht und mit ihrer Endausstrahlung innerhalb der äusseren Körner hineingreifen. Jeder Radialfaser wird ein Bezirk der betreffenden Schichten angehören, und so kommt es, dass dieselben, namentlich an Präparaten aus Müller'scher Lösung nicht selten im Zusammenhang mit äusseren Körnern und den zu ihnen gehörigen Stäbchen und Zapfen gefunden werden, die dann mit ihnen verklebt sind. Auch Ganglienzellen können ihrem inneren Theile ankleben. (H. MÜLLER) (60).

Aus dem beschriebenen Verhalten erklären sich die Angaben VINTSCHGAU's (52) über den Zusammenhang der Radialfasern durch äussere Körner mit Stäbchen und Zapfen, eine An-

sicht, zu der früher auch H. Müller und Kölliker hinneigten (vergl. die Abbildung von Kölliker in Ecker, Icones physiologicae. Tab. XIX. Fig. 14). H. Müller erklärte später selbst die Radialfasern für nicht nervös, und fand diese Ansicht in einer Arbeit M. Schultze's (67) bald die kräftigste Stütze. Eine innige Anlagerung einer Ganglienzelle an eine Stützfaser bildet H. Müller (60), Tafel II. Fig. 26c ab. Diese Bilder, sowie die von Vintschgau (52) abgebildeten, welche einen Zusammenhang von Ganglienzellen mit Radialfasern nachweisen sollen, sind in ähnlicher Weise zu erklären, wie die, welche für einen Zusammenhang der Stützfasern mit den äusseren Körnern resp. Stäbchen und Zapfen zu sprechen schienen. Die Stützfasern sind in der von mir gegebenen Begrenzung vollständig selbstständige Gebilde, welche mit anderen Elementen der Retina in durchaus keiner Continuität stehen.

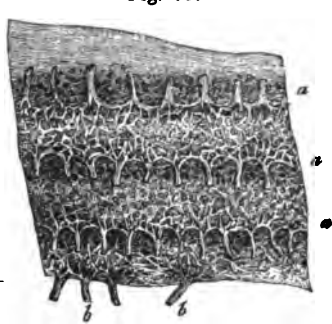
Was endlich noch die morphologische Auffassung der Radialfasern betrifft, so müssen wir zu deren richtiger Würdigung von der Entwicklungsgeschichte ausgehn. Nach Babuchin (91) gehen dieselben aus radiär gestellten spindelförmigen Zellen hervor, die sich von den übrigen embryonalen Elementen anfangs nicht unterscheiden lassen. Dieselben wachsen aber bald bedeutend in die Länge und erhält ihr inneres Ende die characteristische dreieckige Verbreiterung. Die Radialfasern entstehen also in loco, wie die zwischen ihnen liegenden nervösen Elemente; von einer Betheiligung des mittleren Keimblatts an ihrer Bildung ist nichts zu sehn. Sie scheinen bei der Entwicklung der Retina eine ähnliche Rolle zu spielen, wie die Corti'schen Fasern bei der Ausbildung der Elemente des Schneckencanals. Beide Bildungen zeichnen sich ferner durch das Vorkommen je zweier Kerne (in Betreff der Corti'schen Fasern vergl. Waldeyer, Artikel: »Hörnerv und Schnecke« in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben) aus. Beiden kommt eine lediglich mechanische Function zu. In den Corti'schen Fasern vermuthet Waldeyer einen Dämpfungsapparat; die Radialfasern aber sind durch ihre Anordnung, durch die kegelförmige Verbreiterung, welche sie an der Limitans besitzen, besonders befähigt, von den zarten Elementen der Retina den schädlichen Einfluss plötzlicher Druckschwankungen im Glaskörperraum abzuhalten.

§ 15. Membrana limitans interna.

Bei der Beschreibung der Radialfasern, wie sie im Vorstehenden gegeben ist, wurde eines Bestandtheils der Basis derselben nicht specieller gedacht, der geradlinigen doppelt contourirten Basalsäume. Die Frage nach der Natur derselben steht in innigem Zusammenhang mit der Frage nach der Beschaffenheit der *Membrana limitans interna* der Netzhaut. Unter *Membrana limitans interna* hat man, das müssen wir festhalten, zunächst jene scharfe Begrenzungslinie verstanden, welche die Retina an Dickenschnitten auf der Glaskörperseite erkennen lässt. Dieser scharfe Saum kann aber sehr verschiedener Natur sein. Hat man vor der Erhärtung der Retina den Glaskörper reinlich aus dem Bulbus herausgeschält, was an frischen Augen des Schaafes und Schweines ohne sonderliche Mühe gelingt, so wird man ihn ausschliesslich aus den oben erwähnten Säumen der Radialfaserkegel zusammengesetzt finden in einer Weise, die ich gleich näher schildern werde. Man hat dann das, was zuerst von M. Schultze (67) als *Membrana limitans interna* bezeichnet worden ist, und bekommt an solchen Schnittpräparaten den Eindruck, als ob die Basalsäume kleinen Plättchen entsprächen, die sich mosaikartig zur Grenzmembran vereinigen. Sobald man aber die Augenhälften mit dem betreffenden ausfüllenden Abschnitt des Glaskörpers solchen erhärtenden Agentien, wie der Müller'schen Lösung oder Chromsäurelösungen ausgesetzt hat, gelingt es nur schwer, eine glatte Trennung von Glaskörper und Retina auszuführen. Fast immer bleibt eine dünne periphere Lage des Glaskörpers mit der Hyaloidea auf der inneren Oberfläche der Retina zurück

und erscheint dann auf Durchschnitten als die wahre Grenzmembran, beim Zerzupfen der Netzhaut als glashelles hie und da zellenhaltiges Häutchen. Im menschlichen Auge und überhaupt in allen denjenigen, die sich durch Mucinreichthum auszeichnen, gelingt es selbst im frischen Zustande schwer, den Glaskörper von der Retina vollkommen zu trennen. Man wird deshalb gerade beim Menschen die Limitans auf Durchschnitten der Retina durch die Hyaloidea verstärkt finden; es wird hier die Hyaloidea um so mehr als eigentliche wahre Limitans erscheinen, als ihr die Radialfaserkegel meist innig anzuhaften pflegen (Chromsäure, Müller'sche Lösung). Diese Verbindung ist eine so innige, dass bei dem Versuche, die Hyaloidea durch Abziehen von der inneren Fläche der Netzhaut zu isoliren, dieselben meist der Glashaut folgen, also von den zugehörigen Radialfasern abreissen. Die äussere Fläche der so isolirten Membran gewährt dann ein Bild, wie ich es Fig. 15 nach Kölliker mittheile. Dass es hier wirklich die Hyaloidea ist, welche in der geschilderten Verbindung mit den Radialfaserkegeln steht, ergibt sich daraus, dass man in diesem Falle auf der äusseren Oberfläche des Glaskörpers keine Spur von Membran mehr nachweisen kann. Insofern man also der Beschreibung nur solche Präparate zu Grunde legte, war man berechtigt, zu sagen, dass Limitans und Hyaloidea ein und dieselbe Membran bilden. Dieser Ansicht ist Henle (114), der eine Limitans im Sinne von M. Schultze leugnet, die in der beschriebenen Weise mit den Radialfaserenden verbundene Hyaloidea als einzige Membran zwischen Glaskörper und Nervenfaserschicht der Netzhaut unter dem Namen einer *Limitans hyaloidea* beschreibt.

Fig. 15.



Ein Stückchen Hyaloidea des Menschen mit anhaftenden Radialfasern. Chromsäure-Präparat. 400mal vergrössert. *a* Reihen der Radialfasern. *b* Enden dieser Fasern. *c* netzförmige Limitans interna. (Nach einer Figur in Kölliker's Gewebelehre.)

Die Entscheidung zwischen den beiden kurz skizzirten Ansichten ist im Sinne der ersteren zu treffen. Denn es gelingt mit Hülfe anderer Methoden leicht, überall die Hyaloidea glatt von der Innenfläche der Retina mit dem Glaskörper im Zusammenhange zu isoliren. Wo dies im frischen Zustande nicht leicht gelingt, empfiehlt es sich, die betreffenden Augen in toto einen Tag lang in Alkohol von etwa 60 pc. zu legen: es lassen sich dann Linse mit Zonula und Glaskörper äusserst leicht herauslösen und findet sich in diesem Falle die Hyaloidea stets auf der Oberfläche des Glaskörpers. Macht man nun Schnitte durch die zurückgebliebene Retina, so wird man dennoch einen scharfgezeichneten glatten Saum auf der Innenfläche derselben erkennen und in ihn die Radialfaserkegel unmittelbar übergehen sehen. Wir hätten dann hier also Limitans und Hyaloidea wohl gesondert.

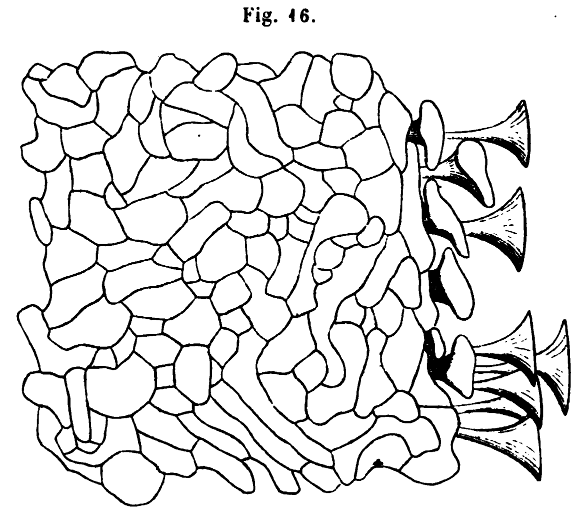
Die so innige Verbindung zwischen Limitans und Hyaloidea wird durch eine capillare Flüssigkeitsschicht vermittelt. Dies beweisen Injectionen unter die innere Opticusscheide, bei denen es leicht gelingt, die farbige Masse (Berliner Blau,

Alkannin-Terpentin) zwischen Hyaloidea und *Limitans interna retinae* zu treiben (SCHWALBE) (166). Man findet bei diesem Versuche, den ich an den Augen des Menschen, Schaafes und Schweines angestellt habe, die Hyaloidea stets auf der äusseren Seite des abgelösten Glaskörpers, die innere Fläche der Retina glatt und mit den Radialfaserkegeln versehen.

Hyaloidea und *Limitans retinae* sind also wohl auseinanderzuhalten. Wir bezeichnen als Limitans den scharfen doppelt contourirten Saum, in welchen die Radialfasern der Retina übergehen und der bei der Isolirung der letzteren in einzelne Stücke zerfällt. Je einem Radialfaserkegel und jedem die Grenzebene erreichenden Theiläste derselben haftet ein solches Saumstückchen an und erscheint wie der Durchschnitt eines Plättchens. Durch Aneinanderstossen der Säume sämmtlicher Radialfasern in derselben Ebene wird dann die Limitans hergestellt. Es fragt sich nun, nachdem wir die Selbstständigkeit des Grenzsaumes der Hyaloidea hervorgehoben haben, ob wir berechtigt sind, denselben eine Membran, *Membrana limitans*, zu nennen. Um diese Frage zu entscheiden, ist es nothwendig, Flächenansichten mit den bisher ausschliesslich betrachteten Profilbildern zu vergleichen; sehr instructiv erweisen sich ferner Halbprofil-Ansichten der Radialfaserkegel.

Ich gehe von der Beschreibung von Flächenansichten der Limitans aus, wie man sie an ganz frischen Augen nach Behandlung der inneren von Glaskörper und Hyaloidea wohl befreiten Retinafläche mit Silbernitrat-Lösungen von $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ pc. erhält (SCHELSKE (85), RETZIUS (156)). Man erkennt dann ein höchst zierliches Netzwerk dunkelbrauner Silberlinien, das je nach der Intensität der Lichteinwirkung farblose, gelbliche oder lichtbraune Maschenräume einschliesst. Die Form der Maschen ist beim Menschen und den Säugethieren eine sehr unregelmässige, besonders beim Menschen (s. Fig. 16) und ebenso die Grösse der Felder. In Betreff der Grösse lassen die einzelnen Abschnitte der Netzhaut Verschiedenheiten erkennen. In der Peripherie der Retina pflegen die von den Silberlinien eingeschlossenen Felder durchschnittlich grösser zu sein als in den centralen Theilen und namentlich lässt sich eine bedeutende Abnahme der Grösse in der Umgebung der *Papilla optici* erkennen. Auf dem gelben Fleck vermochte

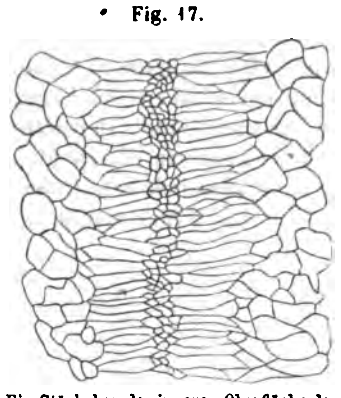
Fig. 16.



Ein Stückchen der inneren Fläche der menschlichen Retina, mit Argentum nitricum behandelt. Rechts stehen Radialfaserkegel mit ihren Basalsäumen frei hervor. Nach Retzius. Hartnack 9, Ocular 3.

Retzius dieselbe nicht nachzuweisen. Aber auch an ein- und derselben Stelle variirt, wie Fig. 16 zeigt, die Ausdehnung der Silberfelder innerhalb weiter Grenzen. Sehr häufig sind die dunklen Linien zackig oder wellig, ganz ähnlich wie die Silberlinien auf der Oberfläche von Endothelhäutchen, auch sogenannte Stomata, d. h. sehr kleine rundliche oder eckige zwischen die grösseren eingeschobene Felder, fehlen nicht. Beim Menschen zeigen die grösseren Maschenräume meist eine langgestreckte Gestalt, bei den Thieren sind sie mehr gleichmässig ausgedehnte Polygone; besonders regelmässige, aber sehr kleine Felder erhält man von der Netzhaut der Taube (Retzius). Die Retina des Menschen und der Säugethiere zeigt noch eine Eigenthümlichkeit, auf die bereits Schelske (85) aufmerksam machte. Ueber den grösseren Gefässen, Venen sowohl wie Arterien sind die Maschenräume auffallend langgezogen und zwar in einer Richtung senkrecht zur Axe des betreffenden Gefässes. Beim Schaaf finde ich die Zeichnung auf der Oberfläche der grösseren Arterien regelmässig so, dass von jeder Seite lange Felder sich über das Gefäss legen und etwa in der Mitte desselben in einer Art Naht zur Berührung kommen (Fig. 17). In diese Naht sind gewöhnlich sehr kleine Felder eingeschlossen. Ueber den Venen desselben Thieres ist die Zeichnung sehr unregelmässig, man findet hier nicht selten, auch bei der vorsichtigsten Behandlung weite klaffende Spalten mit scharfbegrenzten Rändern über der Mitte der Vene, die sich nur daraus erklären lassen, dass hier die Vene frei liegt, selbst mit die innere Fläche der Retina bildet.

Fig. 17.

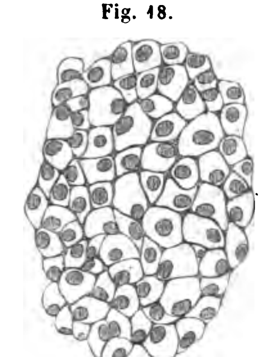


Ein Stückchen der inneren Oberfläche der Schaaf-Netzhaut. Mit Argentum nitricum behandelt. Silberzeichnung über einer Arterie. Zeiss F. Ocular 2.

Es fragt sich nun, wie diese Silberbilder zu erklären sind. Schon Schelske hat die richtige Erklärung dafür gegeben. Die Silberzeichnung deutet nicht etwa auf ein Endothelhäutchen, da dies sich auf keine andere Weise auf der inneren Netzhautfläche darstellen lässt, sondern entsteht durch Schwärzung einer Kittsubstanz, welche die Kanten der Grundflächen der Radialfasern, unsere Basalsäume unter einander verbindet. Man kann nämlich durch Maceration der versilberten Retina in Glycerin Radialfasern isoliren, deren eckige Kegelbasen von einer dunklen Linie umsäumt werden, während die dem Glaskörper zugewandte glatte Basalfläche selbst gebräunt erscheint. Man überzeugt sich auf diese Weise leicht, dass je einem Silberfelde eine Radialfaser entspricht und versteht nun auch die ungleiche Grösse der einzelnen Felder. Die kleinsten entsprechen den Basen der Theiläste der Basalanschwellungen. Da die Radialfasern in der Peripherie der Retina kräftiger sind, wie im Centrum, müssen nothwendiger Weise auch die centralen Felder kleiner sein, als die peripheren. Die Bilder über den Arterien erklären sich daraus, dass die diesen anliegenden Stützfasern ihre Kegel einseitig entwickeln, als zungenförmige Fortsätze den von der anderen Seite kommenden entgegen schicken. Wie sich aber die kleinen Felderchen in der dadurch gebildeten Naht erklären, weiss ich nicht.

Es deuten somit die beschriebenen Silberbilder auf eine Zusammensetzung des inneren Grenzsaumes der Retina aus zahlreichen polygonalen Plättchen, die mit den Radialfaserkegeln in fester Verbindung stehn. Es schliesst ein solches aus einer resistenten Substanz bestehendes Plättchen aber nicht die ganze Basis vollständig ab, sondern zeigt in der Mitte jeder Radialfaserkegel-Grundfläche ein mehr oder weniger grosses unregelmässig begrenztes Loch, innerhalb dessen die weiche Protoplasmamasse des Kegels zu Tage tritt. An Silberpräparaten zeigt sie eine glatte Grenze und ist lichtbraun gefärbt. Verschafft man sich dagegen Ansichten der inneren Netzhautfläche an Präparaten aus Chromsäure oder Müller-scher Lösung, am besten, indem man Flächenschnitte anfertigt, so erkennt man keine einfache Membran mehr, sondern ein höchst zierliches Gitterwerk glänzender Bälkchen, die in der Anordnung den Silberlinien entsprechen, aber breiter sind. Die Zellrudimente sind in diesem Falle herausgefallen oder am Glaskörper haften geblieben. In einigen Fällen lassen sich dagegen innerhalb dieser Maschen dieselben noch nachweisen. So zeigt das hier abgebildete Präparat vom Ochsen (Fig. 18) in den meisten Maschenräumen noch die Kerne der die Radialfaserkegel ausfüllenden Zellen. Es ergibt sich also aus dem Mitgetheilten, dass der doppelt contourirte Grenzsaum der Profilansicht des Stützfaserkegels nicht einer vollständigen Platte, sondern nur einem mehr oder weniger breiten von den Rändern des Kegels nach innen vorspringenden Ringe entspricht. Aus der Existenz dieser durch Kittsubstanz unter einander verbundenen Ringe erklärt sich das netzförmige Aussehen der inneren Netzhautfläche, wie es z. B. M. Schultze (150) von der Retina des Kaninchens beschreibt. Es erklären sich ferner aus der unmittelbaren Berührung des in jedem Radialfaserkegel eingeschlossenen Zellenrudiments mit der Hyaloidea eigenthümliche Zeichnungen auf der äusseren Oberfläche dieser Membran nach Ablösung von der Netzhaut.

Fig. 18.



Membrana limitans interna vom Ochsen. Chromsäure-Präparat. Erklärung siehe im Text. Zeiss F. Ocular 2.

Die *Limitans interna* der Netzhaut stellt somit eine dünne filigranartig durchbrochene Membran dar, deren Bälkchen mit den resistenteren Mänteln der Radialfaserkegel unmittelbar zusammenhängen. Das Netzwerk wird feiner, die Maschen enger nach der *Papilla optici* zu, auf der *Macula lutea* fehlt mit den Radialfaserkegeln auch die Limitans ganz. Was dort als solche beschrieben ist (Merkel (143), Schultze (150)), ist nichts weiter wie die Hyaloidea, welche hier selbstverständlich sehr leicht auf der Netzhaut zurückbleibt. Merkel's Angabe, dass sie hier dicker, wie an anderen Orten sei, ist darauf zurückzuführen, dass sich an dieser Stelle mehr Glaskörpersubstanz mit der Hyaloidea ablöst, welche an erhärteten Präparaten sich dann wie eine Verdickung der Glasmembran ausnimmt.

Eine isolirbare Membran, das betone ich hier am Schluss dieses Capitels, stellt die Limitans nicht dar. Ich erkenne gern an, dass damit wohl auch die Bezeichnung derselben als Membran hinfällig erscheint. Denen, welchen dieser Ausdruck, der ursprünglich sich auf Durchschnittsbilder bezog, wo die Limitans in der That als doppelt contourirter continuirlicher Saum wahrzunehmen ist,

nicht ansteht, schlage ich vor, anstatt von einer *Membrana limitans interna retinae* künftig von einem *Margo limitans*, dem Grenzsaume der Netzhaut zu reden, die Hyaloidea aber stets als integrirenden Theil des Glaskörpers diesem zuzuerkennen.

Man sieht aus vorstehender Schilderung, dass sich die Verschiedenheiten in Betreff der Auffassung der *Limitans interna* einfach darauf zurückführen lassen, dass bald die wahre Limitans allein, bald nur die Hyaloidea, bald wie beim Menschen beide zusammen unter dem Namen *Limitans hyaloidea* als Grenzmembran der Netzhaut bezeichnet wurden. Schon Gottsche (8) und Michaelis (21) rechneten irrthümlicher Weise die Hyaloidea zur Retina und bezeichneten dieselbe als innere seröse Haut. Von Pacini (26) wird sodann für Durchschnittsbilder zuerst der Ausdruck *Membrana limitans* gebraucht. H. Müller (60) versteht in seiner vorzüglichen Abhandlung über die Netzhaut unter Begrenzungshaut bald unseren Grenzsaum allein, bald denselben zusammen mit der Hyaloidea. M. Schultze (67) stellte zuerst die *Membrana limitans* als aus den verschmolzenen Radialfaserkegeln entstanden dar. Ihm schloss sich Schelske (84) an, gestützt auf Silberpräparate. Dagegen bestritt Kölliker (127), der die Hyaloidea mit zur Limitans zog, die Betheiligung der Radialfasern an der Bildung derselben, indem er mit Recht die auffallenden chemischen Unterschiede beider hervorhob. Dadurch und durch Henle's (114) Widerspruch, der die Existenz einer einheitlichen *Limitans hyaloidea* vertheidigte und darin von Steinlin (108) und Iwanoff (140) unterstützt wurde, sah sich M. Schultze (150) veranlasst, in seiner neuesten Abhandlung über die Netzhaut, eine vermittelnde Stellung einzunehmen: er sucht die verschiedenen Ansichten über die Limitans auf die verschiedene Dicke und Resistenz dieser Haut an verschiedenen Stellen der Retina des Menschen und bei verschiedenen Thieren und auf ihre häufige Verwachsung mit dem Glaskörper zurückzuführen. Offenbar rechnet er nun in manchen Fällen die Hyaloidea mit zur Limitans oder hält sie, wie am gelben Fleck, allein für dieselbe. Am nächsten der von mir gegebenen Darstellung kommen die Schilderungen von Krause (131 p. 43) und von Retzius (156). Steinlin beschreibt auf der Chorioidalseite der *Membrana limitans interna* Epithelzellen; dieselben sind aber nichts weiter wie die abgerissenen Enden der Radialfasern.

§ 16. Die Nervenfaserschicht.

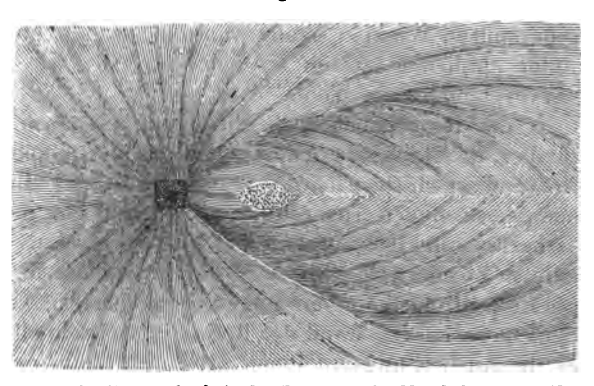
Die Opticusfasern verlaufen von der *Papilla optici* aus im Allgemeinen in radiärer Richtung über die innere Fläche der Netzhaut. Dabei findet sich, worauf Liebreich[1]) aufmerksam machte, die Besonderheit, dass nach oben und unten von der Eintrittsstelle des Sehnerven eine grössere Zahl Sehnervenfasern ausstrahlen, als nach den Seiten. Namentlich der ausgedehnte laterale Theil würde bei dieser Einrichtung zu wenig Fasern erhalten; dies wird dadurch vermieden, dass ein grosser Theil der senkrecht auf- und absteigenden Fasern in leichtem Bogen sich diesem Retinalsegmente zuwendet. Eine andere Complication im Faserverlauf dieser Gegend wird durch die Existenz der *Macula lutea* bedingt (Fig. 19). Nur wenige der zum gelben Fleck ziehenden Nervenfasern verlaufen von der Papille aus genau radiär zu dem ihnen zunächst liegenden Pole des Ovals der *Macula lutea*; die meisten beschreiben von Anfang an sanfte nach oben und unten convexe Bogen, die in dem oberen und unteren Rande des gelben Flecks ihr Ende finden, indem die Fasern sich hier in dem mächtigen Ganglienzellenlager verlieren, so dass im Bereich der Macula keine distincte Nervenfaserschicht existirt. Und noch über die Macula hinaus lässt sich der leicht bogenförmige Ver-

---

1) Zehender, Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. Jahrgang VII. 1869. p. 457.

lauf der Sehnervenfasern dieser Gegend verfolgen, denen sich nach oben und unten allmählich die dort von der radiären Richtung abgelenkten anschliessen. Indem die der *Macula lutea* benachbarten oberen und unteren Fasern lateralwärts vom gelben Fleck ihre radiäre Richtung noch nicht wieder aufgenommen haben, sondern eine Strecke weit unter spitzen Winkeln zusammenstossen, entsteht hier eine eigenthümliche nahtartige Zeichnung in der Fortsetzung des horizontalen Durchmessers der *Macula lutea*. Erst weiter nach der *Ora serrata* zu zeigen die Fasern wieder den radiären Verlauf (vgl. Fig. 19).

Fig. 19.



Ansicht des Faserverlaufs in der Umgebung der Macula lutea nach Kölliker. Erklärung siehe im Text.

Durch die beschriebene Einrichtung wird eine reichlichere Versorgung des gelben Fleckes mit Nervenfasern erreicht, als dies bei einfach radiärem Verlauf der letzteren der Fall sein würde. Wo eine *Fovea centralis* fehlt, wie bei den übrigen Säugethieren mit Ausnahme der Affen, finden wir demnach auch wieder die einfachere Anordnung der Sehnervenfasern: sie verlaufen sämmtlich in radialer Richtung. Doch ist zu bemerken, dass mit Rücksicht auf H. Müller's (73) Angabe des Vorkommens einer der *Macula lutea* im Bau sich nähernden *Area centralis* bei manchen Säugethieren der Verlauf der Sehnervenfasern noch nicht genauer studirt ist; ebenso mangelhaft sind unsere Kenntnisse in Betreff der Art der Sehnerven-Ausstrahlung bei den andern Wirbelthieren. Bei den Vögeln mit einer oder zwei *Foveae centrales* verlaufen nach H. Müller (83) die Nervenfasern von der Basis des Pecten ausstrahlend wie beim Menschen, aber etwas weniger gekrümmt, bogenförmig um die beiden Stellen.

Die Gruppirung der Opticusfasern zu Bündeln, wie wir sie in der Papille fanden, bleibt im grösseren Theile der Retina deutlich. In der Umgebung des Sehnerven-Eintritts liegen die Bündel mehrfach übereinander geschichtet; in dem Maasse als die Fläche, auf welcher die radiäre Ausstrahlung erfolgt, mit der Entfernung von der Papille eine grössere wird, gewinnen die Faserbündel neben einander Platz, so dass schon 8 Mm. vom Sehnerven-Eintritt die Opticusfaserschicht aus einer einfachen Lage von Nervenfaserbündeln besteht. Dieselben liegen dann zuerst noch geschlossen neben einander; bei ihrem weiteren Verlaufe gegen die Peripherie rücken sie aber, platter und dünner werdend, immer weiter auseinander, so dass also die Nervenfaserschicht nunmehr eine unvollständige ist. Gegen den Rand der Retina ist sie so reducirt, dass sie auf senkrechten Schnitten sich gar nicht mehr unterscheiden lässt. Nur Flächenansichten lassen dann noch äusserst platte Bündel erkennen. An der *Ora serrata* selbst endlich hört sie nach Merkel (143) unter Bildung eines aus feinen Nervenfaser-Bündel-

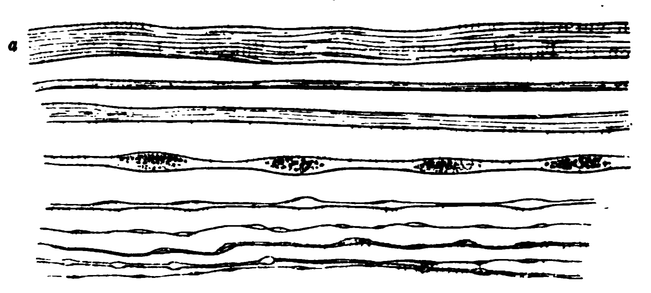
chen sich zusammensetzenden Plexus auf. Die feinen Spalten (centrale Partieen) und grösseren Lücken (Peripherie der Netzhaut) zwischen den Nervenfaserbündeln werden, wie bereits erwähnt, von den Radialfasern durchzogen, deren Kegel da, wo die Nervenfaserschicht lückenhaft wird, die radiären Lücken meist vollständig ausfüllen, so dass die Ganglienzellen die Limitans nicht unmittelbar berühren. Während ihres radiären Verlaufs gehn die Nervenfaserbündel unter sehr spitzen Winkeln häufig Anastomosen ein und theilen sich auch wiederum unter ähnlichen spitzen Winkeln ganz so, wie dies auch innerhalb des Sehnervenstammes geschieht.

Aus der gegebenen Beschreibung und noch mehr aus den in § 12 mitgetheilten H. Müller'schen Messungen ist eine allmähliche Abnahme der Dicke der Nervenfaserschicht nach der Peripherie zu ersichtlich. Dass dieselbe sich z. Theil aus der strahligen Ausbreitung der anfangs eng gedrängten Fasern auf einer sehr viel grösseren Fläche erklärt, ist leicht einzusehn. Andererseits unterliegt es aber keinem Zweifel, dass die Zahl der Nervenfasern von der Papille nach der Peripherie continuirlich abnimmt. Schon Michaelis (21 p. 19) bemerkt, dass diese Schicht gegen den Rand der Retina in viel schnellerem Verhältniss abnehme, als es die Ausbreitung auf einen grösseren Raum erklärlich mache. Dies lässt sich nicht anders erklären, als durch eine Endigung der Fasern als solcher, über deren Modus unten das Weitere bemerkt werden wird. Sehr deutlich zeigt dies die Gegend des gelben Fleckes. Trotzdem, dass die Fasern nach ihm von allen Seiten hinlaufen, nimmt doch an seinem Rande die Dicke der Nervenfaserschicht ab (H. Müller (60)).

Die Nervenfasern der Opticusfaserlage sind beim Menschen und den meisten Thieren unter normalen Verhältnissen in der ganzen Ausdehnung der Retina blasse marklose Fasern, nackte Axencylinder, von sehr verschiedener Dicke. Wie innerhalb des Sehnervenstammes ein jedes Nervenbündel aus unmessbar feinen Fäserchen bis zu solchen von ansehnlicher Dicke zusammengesetzt ist, so finden sich auch hier in jedem Bündel neben Fäserchen, die an der Grenze des Messbaren stehen (unter 0,5 μ), solche die 3 bis 5 μ Dicke erreichen. Eine Verschiedenheit der dünnen und dicken Fasern im Verhalten gegen chemische und physikalische Eingriffe ist bis jetzt nicht constatirt worden, wenn wir davon absehen, dass die feineren Fasern selbstverständlich die Wirkung eines Agens eher zeigen, leichter zerstört werden, als die grösseren. Dünne und dicke Opticusfasern, sowie deren mannichfache Zwischenstufen stellen im frischen Zustande blasse homogene Fäden mit glatten parallelen Randcontouren dar; die dickeren zeigen eine leicht fibrilläre Streifung. Eine Isolirung gelingt im frischen Zustande nur unvollständig. Nach Anwendung von Jodserum, Chlornatrium 10 pc., dünnen Lösungen von Chromsäure und doppelt chromsaurem Kali lassen sie sich dagegen leicht isoliren, erscheinen nun aber in höchst characteristischer Weise verändert. Von einer dem Neurilemm äquivalenten Hülle mit eingestreuten Kernen oder einer Markscheide ist auch jetzt nichts zu sehen; dagegen sind sie nun von Stelle zu Stelle mit eigenthümlichen blasseren spindelförmigen Anschwellungen versehn, die feinsten Fäserchen mit sehr feinen Varicositäten, die gröberen mit ganz ansehnlichen spindelförmigen Erweiterungen, die meist eine feinkörnige Beschaffenheit zeigen und bis auf das Fehlen eines Kernes kleinen in den Verlauf einer Nervenfaser

eingeschalteten bipolaren Nervenzellen nicht unähnlich sind (Fig. 20). Die feinsten varicösen Fäserchen gleichen ganz den von M. SCHULTZE aus der Geruchsschleimhaut beschriebenen. Die Varicositätenbildung ist zu vermeiden, wenn

Fig. 20.



Nervenfasern der Retina mit und ohne Varicositäten, *a* vom Rind, die übrigen vom Menschen. (Fig. 345 von M. Schultze in Stricker's Gewebelehre). Vergr. 800.

man eine vorsichtige Erhärtung in concentrirten Lösungen anwendet: in stärkeren Lösungen der Chromsäure, in Alkohol erhalten sich die Nervenfasern meist in ihrer natürlichen Gestalt; bei der Isolirung derselben durch Jodserum kann man nach M. SCHULTZE die Varicositätenbildung durch Zusatz von Kochsalz zum Jodserum vermeiden, durch Verdünnung mit Wasser befördern. M. SCHULTZE (150) ist deshalb geneigt, dieselbe für eine eigenthümliche Quellungserscheinung zu halten. Durchaus nicht verwechselt werden darf dieselbe mit der Varicositätenbildung, welche die markhaltigen Nervenfasern des Sehnerven, Gehirns und Rückenmarks bei ähnlichen Isolationsversuchen zeigen. Die dabei auftretenden Knötchen und Knollen documentiren sich schon durch ihren starken Glanz, durch die Schwarzfärbung mittelst Osmiumsäure als Myelinformen. Man kann ferner an Präparaten aus *Kali bichromicum*, Chromsäure etc. leicht Rinde und Axe an den einzelnen Fasern unterscheiden, was bei den beschriebenen Fasern der Opticusfaserlage der Retina nie gelingt.

Nur ausnahmsweise kommen in der Retina des Menschen Stellen vor, an welchen die Opticusfaserlage markhaltige Nervenfasern in grösserer Zahl enthält. Ein solcher Fall ist zuerst von VIRCHOW (58) beschrieben; weitere Mittheilungen darüber verdanken wir v. RECKLINGHAUSEN (99) und DÖNITZ (98). Letzterer gibt die Abbildung des ophthalmoscopischen Bildes der betreffenden Stelle seines linken Auges, während das rechte diese Anomalie nicht zeigt; zwei andere ausgezeichnete Abbildungen gibt LIEBREICH (89) in seinem Atlas der Ophthalmoscopie, Tafel XII. Fig. 1 und 2. In allen Fällen erscheinen jene Stellen lebhaft weiss und stehen meist in unmittelbarem Zusammenhange mit der *Papilla optici*, gewissermaassen einen flügelförmigen Anhang derselben darstellend. Die Gefässe der betreffenden Partieen sind dann im ophthalmoscopischen Bilde nicht sichtbar und das Ganze hat überhaupt, wie es der Fall von DÖNITZ beweist, die Wirkung einer Erweiterung des Mariotte'schen Fleckes; derselbe zeigte sich bei DÖNITZ genau so weit ausgedehnt, wie die weisse Stelle des Augenspiegelbildes. Innerhalb der *Lamina cribrosa* können dabei die Sehnervenfasern vollständig durchscheinend, marklos sein. Eine colossale Ausdehnung der markhaltigen Partieen nach allen Richtungen von der Papille aus zeigt LIEBREICH's Fig. 1. Der Fall von v. RECKLINGHAUSEN ist insofern noch besonders interessant, als hier ausser einer mit der Papille im Zusammenhang

befindlichen weissen Stelle noch in einiger Entfernung davon isolirte weisse Flecke sich vorfanden, innerhalb deren die bereits marklos gewordenen Fasern von Neuem eine Markscheide zeigten.

Aehnliche Anomalien beobachtete H. Müller (69) an Ochsen- und Hunde-Augen. Auch hier stand das Nervenmark der weissen Flecke der Retina mit dem Nervenmark des Sehnervenstammes nicht in Continuität, indem die *Lamina cribrosa* in der gewöhnlichen Weise marklose Fasern enthielt. Beim Kaninchen (Bowman (29)) und Hasen kommen ganz constant normal zwei von der Papille aus nach rechts und links sich in der Retina flügelförmig ausbreitende weisse Flecke mit markhaltigen Fasern vor; das Nervenmark ist hier mit dem des Opticus continuirlich. Sehr verbreitet sind markhaltige Fasern in der Netzhaut der Fische (Leydig (36), H. Müller (60)), wo sie jedoch nie eine intensiv weisse Farbe, sondern nur eine weissliche Trübung der Nervenfaserlage veranlassen. Es sind in dieser Beziehung ausgezeichnet die Augen des Störs, der Plagiostomen und des Aals (H. Müller). Bei letzterem geht »von der Eintrittsstelle aus eine sehr zierlich sich in einzelne Strahlen theilende dunkelrandige Faserung aus, welche nach allen Richtungen verläuft«. Auch im Auge der Vögel sind markhaltige Fasern beobachtet worden.

In dem Dönitz'schen Falle war Lichtperception an den von den dunkelrandigen Fasern bedeckten Stellen nicht vorhanden. Um so auffallender ist es, dass sich, wie M. Schultze (150) angibt, hinter den so intensiv weissen Stellen der Kaninchen-Retina die Stäbchenschicht wohl entwickelt zeigt. Bei den Fischen sind die Stellen mit markhaltigen Fasern immer noch durchsichtig genug, um Lichtempfindung zu ermöglichen.

Die weissen Flecke, welche bei *Morbus Brightii* in der Retina auftreten, verdanken ihr Aussehn nicht markhaltigen Fasern, sondern einer eigenthümlichen Veränderung der Axencylinder; dieselben zeigen an den betreffenden Stellen eine beträchtliche Verdickung und mächtige varicöse Anschwellungen, die bipolaren Ganglienzellen nicht unähnlich sehen, nur dass ihnen der Kern fehlt. Wir haben es hier mit einer »varicösen Hypertrophie« der Nervenfasern zu thun.

Endlich sind hier noch die Angaben von Gerlach (51) und Corti (31) über gabelförmige Theilung von Nervenfasern innerhalb der Opticusfaserschicht zu erwähnen. Wie aus einer späteren Mittheilung von Corti (47 p. 91) hervorgeht, betreffen dieselben aber nur Ganglienzellenfortsätze dicht an ihrem Ursprunge. Welcher Art diese Fortsätze sind, darüber unten Näheres.

Ausser den Nervenfasern und den zwischen ihre Bündel sich hindurchdrängenden Radialfasern enthält die Nervenfaserschicht der Retina noch eine dritte Art von Formelementen, platte Zellen vom Habitus der Endothelien (Fig. 21). Dieselben zeigen meist einen ovalen Kern und einen platten zarten Zellkörper mit ausgefranzten oder wie ausgenagt erscheinenden Rändern und gewöhnlich eine Ansammlung feinkörniger Substanz um den Kern herum. Wir haben es hier offenbar mit denselben Elementen zu thun, wie in der sogenannten Neuroglia des Sehnerven. Wie innerhalb dieser liegen sie auch hier der Oberfläche der Nervenbündel flach an in grösserer oder geringerer Zahl, aber nie eine continuirliche Scheide bildend. Die Nervenfasern werden durch denselben Kitt verbunden wie im Sehnerven. Besonders bei jungen Thieren sind jene Zellen in der Nervenfaserschicht in ausserordentlich grosser Menge vorhanden.

Fig. 21.

Platte Zellen aus der Nervenfaserschicht der Retina des Menschen. *a* mit zackigen Rändern. Zeiss F. Ocular 2.

Um sich davon zu überzeugen, lege man Kalbsaugen einige Tage in Alkohol von 60 pc. Es lässt sich dann die Nervenfaserschicht leicht mit einer feinen Pincette abziehn; nach Behandlung mit der Schweigger-Seidel'schen Carminlösung sind ausserordentlich zahlreiche Kerne in derselben wahrzunehmen.

Golgi und Manfredi (164) haben vor Kurzem zuerst diese Zellen aus der Netzhaut des Pferdes beschrieben, während die Kerne derselben bereits Henle bekannt waren (Eingeweidelehre S. 664). Ich kann mich aber mit ihrer Darstellung insofern nicht einverstanden erklären, als nach meinen Untersuchungen lange, häufig verästelte varicöse Fortsätze, wie sie Golgi und Manfredi beschreiben, nicht vorkommen; ich habe zwar öfter derartige Bilder gesehen, muss dieselben aber mit Bestimmtheit für Kunstproducte, entstanden durch unregelmässige Anlagerung aus ihrem Zusammenhang gerissener feinster Nervenfäserchen erklären. Ich leugne nicht, dass einige wirklich Fortsätze besitzen; dies sind aber nur spitz ausgezogene Randpartieen des öfter eingekerbten Zellplättchens. Die Bildung eines zwischen den Nervenfasern befindlichen interstitiellen Stroma durch diese Fortsätze muss ich ebenfalls bestreiten. Die Zellen der äusseren und inneren Oberfläche der Nervenfaserschicht sollen sich nach Golgi und Manfredi dadurch unterscheiden, dass die Kerne der letzteren granulirt und gross, die der ersteren glatt und zart sind. Ein Theil ihrer Fortsätze soll ferner nach aussen umbiegen und sich den Radialfasern anschliessen.

§ 17. Die Ganglienzellenschicht.

Nach aussen von der Opticusfaserlage findet sich die Schicht der Ganglienzellen, in dem weitaus grössten Theile der Retina aus einer einfachen Lage multipolarer Nervenzellen gebildet. Nur in der Nähe des gelben Fleckes lagern sich beim Menschen zwei, später drei Reihen übereinander; die Schicht nimmt nach der *Macula lutea* an Mächtigkeit zu und lässt innerhalb derselben 8 — 10 Reihen Ganglienzellen erkennen, sie erreicht dabei eine Mächtigkeit von 0,06 bis 0,08 Mm. Bei den Thieren mit *Fovea centralis* (Vögel, einige Reptilien z. B. Chamäleon) lässt sich eine ähnliche Zunahme der Ganglienzellen in der Umgebung der genannten Grube constatiren. Bei anderen ohne Fovea (Fische, einige Vögel H. Müller) enthält die Ganglienzellenschicht im Hintergrunde des Auges meist zwei, seltener drei Lagen von Zellen, während die peripheren Theile der Netzhaut nur eine einfache Zellenschicht erkennen lassen. Wo nur eine Zellenlage vorkommt, liegen die Elemente derselben anfangs noch dicht neben einander, nur durch die meridionalen Radialfaserreihen getrennt; je mehr man sich aber der Peripherie der Retina nähert, desto mehr sieht man die Ganglienzellen auseinanderrücken und an der *Ora serrata* findet man sie nur noch sehr vereinzelt zwischen den letzten netzförmig sich verflechtenden Ausläufern der Nervenfaserschicht ausgestreut. Beide Schichten lassen sich beim Menschen schon in einer Entfernung von 8 Mm. von der Eintrittsstelle des Opticus nicht mehr gesondert messen (H. Müller) (60), da die Nervenfaserschicht hier bereits sehr dünn, die Ganglienzellschicht lückenhaft geworden ist. Man sieht dann also auf Durchschnitten die Ganglienzellen oft dicht an die Limitans reichen, bei Flächenansichten zwischen den isolirten Nervenfaserbündeln die Ganglienzellen mit grösster Deutlichkeit. Andererseits überzeugt man sich an senkrechten Schnitten leicht von der Thatsache, dass die Grenze der Ganglienschicht gegen die innere granulirte keine glatte ist, sondern eine höchst unregelmässige, indem einzelne Ganglienzellen mehr oder weniger weit in die genannte Schicht hineinragen. In der Netzhaut des Ochsen und Kalbes habe ich zuweilen besonders grosse Ganglien-

zellen bis in die Mitte der inneren granulirten Schicht prominiren sehn. Auch Hulke (126 S. 22) gibt an, dass beim Braunfisch (*Phocaena communis*) einzelne der colossalen Ganglienzellen in die innere granulirte Substanz nahe deren innerer Oberfläche eingebettet sind.

Die Grösse der Ganglienzellen ist sowohl in den einzelnen Abschnitten derselben Retina, als in der Netzhaut der verschiedenen Thiere sehr verschieden. Sie wechselt beim Menschen nach H. Müller zwischen 10 bis 30 μ; im gelben Fleck finden sich im Allgemeinen die kleinsten und sind die Zellen am gleichmässigsten, während in den übrigen Theilen der Retina kleine und grosse unter einander gestreut vorkommen; die kleineren sind in den centralen Partieen häufiger, die grossen Zellen in den Randpartieen (H. Müller), ein Verhalten, das nach Ritter (95) die Walfisch-Netzhaut noch viel deutlicher zeigt, wie die des Menschen.

Die grössten Nervenzellen der Netzhaut scheinen von allen Thieren die Cetaceen (Walfisch, Braunfisch) und der Elephant zu besitzen: der grösste Durchmesser derselben beträgt nach Ritter beim Walfisch bis 50 μ, nach Hulke (126) beim Braunfisch bis 30 μ, nach Corti beim Elephanten 44 bis 60 μ (0,02 — 0,03'''). Die kleinsten Ganglienzellen finden sich in der Netzhaut der Vögel und Reptilien (Chamäleon H. Müller (81)). Bei der Taube messen sie z. B. nur 6 bis 12 μ im grössten Durchmesser. Auch die Netzhaut des Frosches enthält nur kleine Ganglienzellen von 10 bis 15 μ, während die der Fische wieder durch grössere Nervenzellen ausgezeichnet ist.

Die Form der Ganglienzellen wird durch die Zahl der Fortsätze und Art und Weise, wie sie von ihnen abtreten, bedingt. Wo wie im gelben Fleck nur zwei Fortsätze an den entgegengesetzten Seiten der Zelle von ihr entspringen, ist sie spindelförmig, in den meisten anderen Fällen aber eine ganz unregelmässig sternförmige. Beim Frosche ist die Birnenform der Zellen die überwiegende.

Um die Ganglienzellen in ganz frischem Zustande zur Anschauung zu bringen, wähle man Theile der Retina aus der *Ora serrata* und untersuche diese, nachdem ihre innere Fläche auf dem Objectträger nach oben gekehrt ist, in *Humor vitreus*. Man überzeugt sich dann, worauf bereits Pacini (26) aufmerksam macht, dass die Substanz dieser Zellen im frischen Zustande sehr hell und durchscheinend ist; die bereits abgestorbenen Zellen erscheinen dagegen grob granulirt und undurchsichtig. Die frischen durchscheinenden Zellen lassen den wasserklaren, kugligen oder ellipsoidischen Kern und in ihm das glänzende meist runde, seltener eckige Kernkörperchen sehr leicht erkennen. Kerne und Kernkörperchen sind nur einfach innerhalb jeder Zelle vorhanden. Die frische Zellsubstanz selbst zeigt nach M. Schultze einen ähnlichen Bau, wie die der grossen multipolaren Rückenmarkszellen nach einer früheren Darstellung desselben Forschers (s. Fig. 22). Innerhalb der durchscheinenden Zellsubstanz finden sich zahlreiche feine reihenweis angeordnete Körnchen, zwischen denen feine Faserzüge sich nachweisen lassen. Es scheint also auch hier die Zellsubstanz fibrillär zu sein und interfibrilläre Körnchen zu besitzen. Die fibrilläre Streifung ist um den Kern herum concentrisch angeordnet, — an der Peripherie erstreckt sie sich direct in die Wurzeln der meisten Fortsätze hinein. Pigment findet sich in den Ganglienzellen der Retina der meisten Thiere nicht. Nach Corti (47) sind die des Ele-

phanten, nach Ritter (95 S. 41) die des Walfisches gelblich gefärbt; Corti hält es für wahrscheinlich, dass diese Farbe durch die Anwesenheit gelblicher Pigmentkörnchen, wie sie sich so häufig in anderen Ganglienzellen finden, bedingt werde.

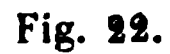
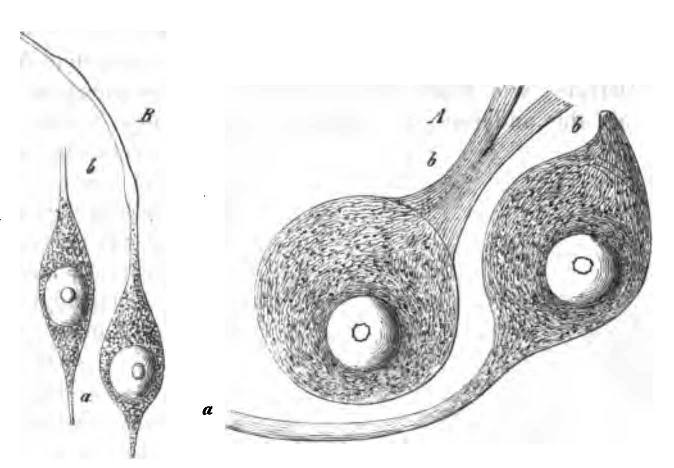


Fig. 22.



A Ganglienzellen aus der frischen Netzhaut des Rindes, *B* aus dem gelben Fleck des Menschen. *a* centrale, *b* periphersche Fortsätze derselben. (Nach M. Schultze.) Vergrösserung 500.

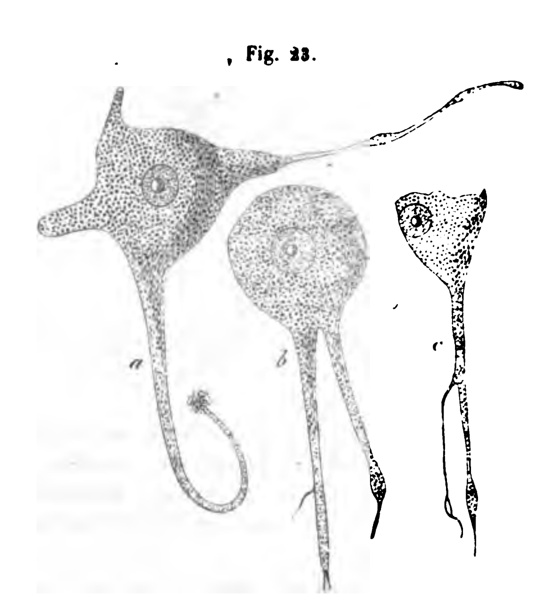
Eine isolirbare Membran besitzen die Ganglienzellen der Netzhaut nicht. Ritter (95) beschreibt zwar eine solche beim Walfisch; es ist indessen von Santi Sirena (157) nachgewiesen worden, dass diese Ritter'sche hyaline Membran nichts weiter ist wie eine körnchenfreie Rindenschicht, die den Ganglienzellen des genannten Thieres eigenthümlich zu sein scheint.

Um die Fortsätze der Ganglienzellen zu studiren, wird es nöthig, die Zellen aus ihrer Umgebung zu isoliren. Dieselben Mittel, welche von Deiters und Anderen zur Darstellung der mannichfachen Fortsätze der Gehirn- und Rückenmarks-Nervenzellen empfohlen sind, können auch hier in Anwendung gebracht werden: dünne Lösungen von Chromsäure, von doppeltchromsaurem Kali oder beide combinirt, Maceration in Ueberosmiumsäure $\frac{1}{10}$ pc. und Glycerin (Rindfleisch), in Lösungen von doppeltchromsaurem Ammoniak 1 : 3000 — 5000 (Gerlach) gestatten es, mehr oder weniger vollkommene Präparate zu gewinnen. Die best isolirten Ganglienzellen erhielt ich jedoch nach Maceration der Retina in Jodserum, besonders leicht von der Netzhaut des Kalbes. Auch concentrirte Oxalsäure wird zu diesem Zweck empfohlen (Santi Sirena) (157).

Man kann die Fortsätze der Ganglienzellen der Retina wie es bereits mehrfach geschehen ist (Ritter, Santi Sirena) in innere und äussere theilen. Die inneren gehen in die Nervenfaserschicht, die äusseren dringen in mehr oder weniger radiärer Richtung in die innere granulirte Schicht hinein. Bei solchen Zellen, welche entsprechend der Fläche der Netzhaut platt gedrückt sind, gehen von den Seitenrändern des linsenförmigen Körpers Fortsätze ab, die entweder

nach aussen oder nach innen in die genannten Schichten umbiegen. Jeder Ganglienzelle, gleichgültig welche Form und Grösse sie besitzt, kommt nur ein innerer Fortsatz zu, der sich von den äusseren leicht unterscheiden lässt. Er ist glänzender wie die äusseren Fortsätze, von Stelle zu Stelle mit Varicositäten versehen und lässt das körnig-fibrilläre Gefüge der Ganglienzellsubstanz nicht erkennen. Er ist ferner, abgesehen von den Varicositäten, überall gleich breit und ungetheilt. Von den Nervenfasern der Opticusfaserlage, zwischen denen er sich verliert, lässt er sich in keiner Weise unterscheiden, er wird selbst zu einer Sehnervenfaser. Es entspricht also dieser Fortsatz dem Axencylinderfortsatze von Deiters; wie dieser ist er schwerer in Zusammenhang mit der Zelle zu erhalten, als die anderen, er bricht an den meisten Zellen dicht an der Ganglienzelle ab, um so leichter, je mehr er von der inneren Fläche der Ganglienzelle entspringt, da er dann aus der radialen in die meridionale Richtung umbiegen muss. Entspringt er von den seitlichen Kanten der Zelle, wie in Fig. 23*a*, so ist er leichter zu erhalten. Er liegt dann aber nicht selten zwischen mehreren sich alsbald nach aussen wendenden Fortsätzen. Seine Varicositäten unterscheiden ihn aber leicht von diesen. Nach längerer Maceration der Retina in dünnen Chromsäurelösungen ($\frac{1}{20}$—$\frac{1}{30}$ pc.) lässt sich, besonders leicht beim Pferde (Golgi u. Manfredi) (164) die Nervenfaserschicht mit einem Theile der Ganglienzellen von den äusseren Theilen der Netzhaut trennen. Dasselbe gelingt nach Manz (112) sehr leicht an der Retina des Frosches nach Behandlung mit dünnem Alkohol; derselbe konnte sich in diesem Falle von dem Zusammenhange der Ganglienzellen mit Opticusfasern aufs Deutlichste überzeugen. Bei den Säugethieren bleiben bei dieser Methode die Ganglienzellen meist an der inneren granulirten Schicht zurück.

Fig. 23.

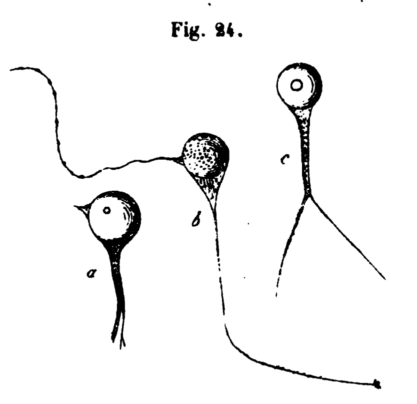


Ganglienzellen aus der Netzhaut des Kalbes, durch Jodserum isolirt. Die Zelle *a* mit Nervenfaserfortsatz; in *b* und *c* sind nur die peripherischen Fortsätze erhalten. Zeiss F. Ocular 2.

Nach Jacubowitsch (71) soll die mit der Ganglienzelle sich verbindende Sehnervenfaser im Kerne derselben ihr Ende finden. Manz (112) deutet etwas Aehnliches beim Frosch an. Hasse (115) vermochte dagegen in der Retina des Menschen einen solchen Zusammenhang nicht nachzuweisen. — Corti (47) bildet aus der Netzhaut des Elephanten, deren Nervenzellen noch 7 Tage nach dem Tode des Thieres wohl erhalten und sehr leicht zu isoliren waren, Ganglienzellen ab, die bis vier Nervenfaserfortsätze in die Schicht der Sehnervenfasern entsenden. Weder andere Forscher noch ich selbst haben bei anderen Thieren etwas Aehnliches gesehn.

Die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen variiren sowohl an Zahl, als an Dicke und Art der Verästelung bei ein und demselben Thier nicht minder, wie in den Augen der verschiedenen Thiere. Im Allgemeinen kann man den Satz aufstellen, dass die grössten Zellen die meisten äusseren Fortsätze besitzen (in der Retina des Elephanten und des Walfisches kommen nach Corti und Ritter Zellen mit 10—20 Fortsätzen vor), die kleinsten die geringste Zahl, oft deren nur einen einzigen, der dann entweder, wie bei den Ganglienzellen der *Macula lutea* von dem dem Nervenfortsatze entgegengesetzten Pole des spindelförmigen Körpers abtritt, oder mit jenem inneren Fortsatze einen rechten Winkel bildet, wie es z. B. bei den kleineren Ganglienzellen der Frosch-Netzhaut die Regel ist (Fig. 24 *b*). Die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen gleichen ganz den »Protoplasmafortsätzen« von Deiters; sie sind gewissermaassen eine Fortsetzung der Zellsubstanz, mit der sie, wenigstens in ihren dickeren Stämmen das körnig-faserige Aussehn theilen; sie sind ferner mehr oder weniger reichlich verästelt. Entweder beginnen die Theilungen derselben schon dicht am Zellkörper, in welchem Falle dann beide Theiläste meist eine Strecke weit ungetheilt verlaufen, oder, und dies ist bei Zellen mit ein oder wenigen äusseren Fortsätzen die Regel, sie verlaufen eine lange Strecke und dabei in radiärer Richtung gerade die innere granulirte Schicht durchsetzend, ungetheilt (Fig. 23 u. 24). Der radiäre Verlauf ist überhaupt für die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen der gewöhnliche; selbst solche Fortsätze, die von den seitlichen Kanten der Zellen abtreten, biegen nach aussen in diese Richtung um. An Schnittpräparaten kann man öfter die stärkeren Fortsätze der Ganglienzellen durch die innere granulirte Schicht hindurch als eine zweite Art radialer Fasern bis nahe an die innere Körnerschicht verfolgen. Aus einer Verwechslung dieser mit den Müller'schen Stützfasern erklären sich z. Theil die Angaben über einen Zusammenhang beider Gebilde, sowie über die nervöse Natur der Radialfasern im Allgemeinen. Besonders leicht kann man sich bei niederen Wirbelthieren, bei Fischen (Retzius) und Fröschen (Manz) von dieser Thatsache überzeugen. Beim Frosch (s. Fig. 24) bleibt der betreffende Fortsatz, den ich an den best conservirten Präparaten immer nur in der Einzahl von jeder Zelle habe abtreten sehn, oft durch die ganze Dicke der inneren granulirten Schicht ungetheilt, in anderen Fällen spaltet er sich in zwei gleich starke Aeste, von denen aber ebenfalls keine feineren Fäserchen abtreten; es scheinen vielmehr diese Fortsätze gerade in die innere Körnerschicht hineinzudringen, ohne dass ich jedoch weder bei diesem Thiere noch bei anderen eine Verbindung dieser Fortsätze mit inneren Körnern habe constatiren können. Auch bei den Säugethieren und beim Menschen ist oft ein ähnliches Verhalten zu beobachten; nur lösen sich hier einige Fortsätze bereits in geringer Entfernung von der Zelle in feine Fäserchen auf, während die anderer Zellen ungetheilt durch

Fig. 24.



Ganglienzellen der Frosch-Retina, durch Jodserum isolirt; *b* mit Nervenfaserfortsatz, *a* und *c* nur mit äusserem Fortsatz. Zeiss F. Ocular 2.

die innere granulirte Schicht verlaufen. Sehr gewöhnlich ist bei manchen Säugethieren, z. B. beim Kalb eine Pyramidenform der Ganglienzellen, die einigermaassen an die Form der Zellen der Grosshirnrinde erinnert. Wie bei dieser geht auch hier der Axencylinderfortsatz von der Basis aus, während nach aussen zu sich der Zellkörper zu einem auf eine lange Strecke ungetheilten Spitzenfortsatz auszieht (s. Fig. 23 *c*). Es verdient endlich bemerkt zu werden, dass ich beim Kalb auch an den dickeren und dünneren äusseren Fortsätzen varicöse Anschwellungen gefunden habe, wie dies durch Fig. 23 *b* und *c* illustrirt wird. Auf die Frage nach der Endigung und dem Zusammenhang der so mannichfachen äusseren Fortsätze werde ich unten zurückkommen.

Anastomosen der Ganglienzellen durch seitliche Fortsätze sind früher vielfach behauptet worden. Corti (47) bildet in seiner bereits citirten Notiz über die Elephanten-Retina vier durch lange varicöse Fortsätze anastomosirende Zellen ab. Auch Steinlin (108) erwähnt das Vorkommen solcher Anastomosen. Nach Santi Sirena (157) sind sie besonders zahlreich beim Pferd und Walfisch, kommen dagegen bei Fischen, Fröschen und Hühnern nicht vor. Ich habe zuweilen beim Rind zwei Zellen dicht an einander gelagert gefunden als sog. opponirte Ganglienzellen, wie sie sonst mehrfach aus dem Sympathicus beschrieben sind.

Bereits Bowman (29) waren die Fortsätze der Ganglienzellen bekannt, aber erst Corti (31) behauptete mit Bestimmtheit den Zusammenhang derselben mit den Nervenfasern der Opticusfaserlage. Durch die Arbeiten von Remak (48), Kölliker (84) und H. Müller (88) wurde dann dies wichtige Factum sicher gestellt und wurden unsere Kenntnisse von den äusseren Fortsätzen der Ganglienzellen erweitert.

Ausser den Ganglienzellen und den Wurzeln ihrer Fortsätze finden sich in der nach ihnen benannten Lage noch die entsprechenden Abschnitte der sie senkrecht durchsetzenden Stützfasern, die hier nicht selten unregelmässige zarthäutige Ausbreitungen erkennen lassen (s. oben). Man trifft hier ferner, wie Golgi und Manfredi (164) gefunden haben, zarte Zellen mit ovalem Kern von ganz derselben Beschaffenheit, wie sie bereits oben aus der Nervenfaserschicht beschrieben und abgebildet sind. Die Zwischenräume zwischen den genannten Theilen werden überdies durch eine in Jodserum, Kochsalzlösungen von 10 pc. lösliche, in Alkohol, Müller'scher Lösung erstarrende Substanz ausgefüllt, die in den an Ganglienzellen reicheren centralen Theilen in geringerer Menge sich findet, wie in den peripherischen. Sie ist besonders reichlich entwickelt in der Retina des Pferdes und Ochsen und erscheint an Zupfpräparaten aus Müller'scher Lösung in eigenthümlich glänzenden homogenen, mit den Abdrücken der Ganglienzellen versehenen, also meist schalenförmigen Bruchstücken. Dieselben sind hier von Ritter (95) als Bindesubstanz beschrieben. Santi Sirena (157) erwähnt, dass die Ganglienzellen des Pferdes eine mit ovalen Kernen versehene Hülle besitzen, die ganz an die der spinalen und sympathischen Nervenzellen erinnere. Dieselbe lässt sich nach seinen Beobachtungen noch eine Strecke weit auf die Fortsätze verfolgen. Golgi und Manfredi (164) meinen, dass diese Scheiden auf eine Coagulation der peripherischen Theile der Zellsubstanz, ihre Kerne auf die Kerne der von ihnen beschriebenen platten Zellen zurückzuführen seien. Auch ich konnte beim Pferde ausser den beschriebenen Kittsubstanzschalen, denen hie und da ein Kern ankleben kann, keine besondere Hülle finden.

§ 18. Die innere granulirte Schicht.

Der Verfolgung des Zusammenhanges der nervösen Elemente von der Nervenfaserschicht durch die Ganglienzellen nach aussen setzt die innere granulirte Schicht eine schwer zu überschreitende Grenze. Die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen und ihre Verästelungen durchziehen in so verwickelter Weise diese Lage, dass es bis jetzt noch nicht gelungen ist, eine genügende Trennung derselben von der granulirten Substanz zu erzielen. Kein Wunder daher, dass man über die innere granulirte Schicht seit ihrer ersten Beschreibung durch PACINI (26) die verschiedensten Ansichten gehabt hat. PACINI hielt sie für zusammengesetzt aus grauen meridional verlaufenden Nervenfasern, die in eine granulöse Masse eingebettet seien; andere wie BLESSIG (54) erklärten die ganze Lage für Bindesubstanz. In neuerer Zeit leugnet zwar Niemand mehr die Existenz nervöser Elemente an dieser Stelle, es weichen aber die Meinungen in Betreff der Menge derselben, der Art und Weise ihrer Vertheilung, sowie über den feineren Bau der dieselbe umschliessenden Substanz beträchtlich von einander ab.

Die innere granulirte Schicht bildet im Aufbau der Netzhaut-Elemente über einander gewissermaassen die Grenze zwischen der ersten die Nervenfasern und Ganglienzellen enthaltenden Etage und der zweiten die inneren Körner einschliessenden. Ihre Mächtigkeit ist an den einzelnen Stellen der Netzhaut nur geringen Schwankungen unterworfen. Sie ist beim Menschen fast überall gegen 0,04 Mm. dick und nimmt nach vorn nur bis zu 0,035 — 0,03 Mm. ab, während sie andererseits innerhalb des gelben Fleckes, da, wo die Ganglienzellenlage eine so ausserordentliche Mächtigkeit erreicht, nur bis zu 0,045 Mm. stark gefunden wird. Bei den Thieren ist sie meist dicker, wie beim Menschen, namentlich bei den niederen Wirbelthieren: sie misst nach H. MÜLLER (60) bei der Taube 0,05 bis 0,07, beim Chamäleon 0,08 bis 0,1, beim Frosch 0,08 und beim Barsch 0,1 Mm.

Macht man senkrechte Schnitte durch die gut erhärtete Netzhaut, so erkennt man an der betreffenden Stelle eine eigenthümlich granulirte Masse und diese in radiärer Richtung durchsetzt von den Müller'schen Stützfasern. Ueber die Natur der Körnelung dieser Schicht stehen namentlich zwei Ansichten einander gegenüber. Die eine findet sich zuerst bei VINTSCHGAU (52) und ist in neuerer Zeit von HENLE und MERKEL (142) nicht allein für die granulirte Substanz der Retina, sondern auch der nervösen Centralorgane näher begründet worden. Ihr zu Folge wird das granulirte Aussehen durch die Existenz zahlreicher in eine homogene Masse eingebetteter feiner Körnchen bedingt. Auch RETZIUS (155) ist derselben Meinung; er vergleicht die innere granulirte Substanz mit feinkörnigen Protoplasma und gibt an, die Körnchen isolirt erhalten zu haben.

Dem gegenüber vertritt M. SCHULTZE (67, 109), gestützt namentlich auf Präparate aus dünnen Chromsäurelösungen eine ganz andere Ansicht. Nach ihm verdankt das *Stratum moleculare* VINTSCHGAU's seine Granulirung nicht eingebetteten Körnchen, sondern einer eigenthümlichen ausserordentlich feinen netzförmigen Anordnung seiner Substanz; was Andere für Körnchen gehalten haben, sind nach ihm feine Löcher innerhalb eines bindegewebigen Reticulum, durch welche feinste, mannichfach verworrene Nervenfasern ihren Weg nehmen. Dieses Reticulum »spongiöser Bindesubstanz«, das er dem der Lymphdrüsen an die Seite

stellt, soll mit den dieses Stratum durchsetzenden Radialfasern durch zahlreiche feine Seitenästchen der letzteren continuirlich zusammenhängen, während andere Radialfasern sich ganz in das Reticulum auflösen. Dieser Anschauung Schultze's schlossen sich für die Retina Kölliker (167), Manz (76) und Heinemann (96) an.

Meine Untersuchungen über die granulirte Substanz der Retina stimmen, was die Anordnung derselben betrifft, mit denen M. Schultze's, dagegen in Betreff des Verhaltens der Radialfasern zu dieser Lage mit denen von Retzius überein. Wie dieser muss ich behaupten (vergl. oben § 14), dass die Substanz der Radialfasern mit der granulirten nicht continuirlich ist. Schon die chemischen Eigenschaften beider Gebilde sprechen gegen diese Annahme. Während die Radialfasern durch Essigsäure undeutlich werden und allmählich verschwinden, wird die innere granulirte Schicht dadurch nur noch deutlicher; ganz ähnlich verhalten sich beide gegen concentrirte Oxalsäure. Umgekehrt erhalten sich die Radialfasern in Kochsalzlösungen von 10 pc. sehr gut und lassen sich nach mehrtägiger Behandlung damit leicht isoliren, während die granulirte Substanz darin erblasst und zerfällt. Ich zweifle nicht, dass sich bei weiterer Untersuchung in dieser Richtung noch mehr characteristische Unterschiede zwischen beiden Formationen werden feststellen lassen. Jedenfalls genügen diese Angaben, um die Selbstständigkeit der Müller'schen Stützfasern der granulirten Substanz gegenüber noch sicherer zu stellen, als es oben § 14 geschehen konnte.

Um sich von der reticulären Beschaffenheit der inneren granulirten Substanz zu überzeugen, bedarf es, wie bereits M. Schultze hervorgehoben, starker Vergrösserungen. Meine Beobachtungen sind mit Hülfe eines Gundlach'schen Systems No. 8 und eines Zeiss'schen Immersionssystems No. 3 angestellt. Nie gelang es mir, selbst nicht an den in *Humor vitreus* untersuchten Netzhäuten eben getödteter Thiere (Fische, Frosch, Taube) die uns hier interessirende Lage homogen zu sehn; stets zeigte sie sich, wie auch H. Müller angibt, frisch »sehr blass granulirt«, viel blasser, wie an erhärteten Präparaten. Aber diese Granulirung war bei Untersuchung mittelst der genannten starken Vergrösserungen darauf zurückzuführen, dass innerhalb einer blassen homogenen Masse zahlreiche kleine helle Kügelchen unregelmässig vertheilt lagen. Durch unregelmässige Vertheilung und ungleiche Grösse derselben wird es bedingt, dass die sie trennenden Schichten der homogenen Substanz ebenfalls eine sehr verschiedene Breite besitzen. Wenn man will, kann man dann von einem aus homogener Substanz gebildeten Netzwerk von ungleich breiten Bälkchen reden; man muss aber nicht dabei vergessen, dass die Maschenräume des letzteren vollständig von einander getrennt und kugelig sind. Von feinen Fasern ist innerhalb dieser Lage im frischen Zustande keine Spur zu entdecken; nur erkennt man die durchtretenden Radialfasern, namentlich leicht beim Frosch, auf dem Querschnitt als glänzende scharf begrenzte Kreise.

Sehr bald nach dem Tode verändert sich dies Bild, wie ich glaube in Folge eintretender Gerinnung. Die Balken werden dunkler, damit deutlicher, die Maschenräume communiciren und nun hat man das Netzwerk, wie es M. Schultze beschreibt. In Folge der ungleichen Dicke der Balken ist das Reticulum ein höchst unregelmässiges, die feinen Verbindungsäste gröberer Knotenpuncte werden bei schwächerer Vergrösserung leicht übersehen, es erscheinen dann die letzteren als Körner innerhalb einer homogenen Grundsubstanz. Gegen Retzius (155) muss

ich aber behaupten, dass diese vermeintlichen Körner sich nicht glatt isoliren lassen; es gelingt vielmehr stets sehr schwer, so kleine Partikelchen, dass sie isolirt als Körner erscheinen müssten, zu erhalten. Besonders schön lässt sich die netzförmige Anordnung bei den niederen Wirbelthieren (Fische, Frosch) an Präparaten aus dünnen Chromsäurelösungen demonstriren; vor allen zeichnen sich die Plagiostomen (Raja) durch weite Maschen aus (M. Schultze) (67). Auch Osmiumsäure, Alkohol, die von Merkel angegebene Chromsäure-Chlorplatin-Lösung machen die netzförmige Textur deutlich. Setzt man zu frischer granulirter Substanz Essigsäure, so kann man sich ebenfalls von der Verdunkelung der homogenen Gerüstsubstanz überzeugen. Die Verdunkelung und Verdünnung der Bälkchen scheint in all den genannten Fällen auf einer Schrumpfung der homogenen Gerüstsubstanz in Folge eintretender Gerinnung zu beruhen, die Erweiterung der Maschenräume ist dabei eine passive. In anderen Fällen, bei Behandlung mit Wasser, scheinen dagegen die hellen Kügelchen durch Aufnahme von Flüssigkeit zu schwellen. Mir scheint überhaupt die Ansicht, dass dieselben kleine in der homogenen Masse zerstreute mit Flüssigkeit erfüllte Vacuolen sind, am wahrscheinlichsten. Auch Henle (114 S. 656) beschreibt diese Bilder und erklärt sie in ähnlicher Weise, wie ich; er statuirt aber ausserdem noch die Existenz dichtgedrängter Kügelchen innerhalb einer homogenen Grundsubstanz. Ich muss dem gegenüber behaupten, dass ich auch an den frischesten Netzhäuten ausser den hellen Kügelchen, die ich für Vacuolen halte, keine anderen finden konnte.

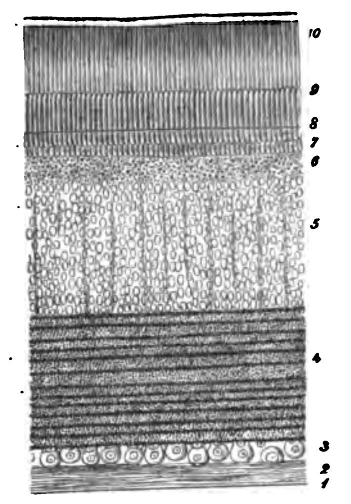
Wenn ich somit M. Schultze in Betreff des netzförmigen Gefüges der inneren granulirten Substanz zustimme, so kann ich doch seine Auffassung dieses Gewebes nicht theilen. M. Schultze erklärt es für spongiöse Bindesubstanz. Mit dem sogenannten adenoiden Gewebe der Lymphdrüsen hat es aber durchaus nichts gemein, da letzteres, abgesehen von seinen zelligen Elementen, die, wie Bizzozero [1]) gefunden hat, den netzförmig verbundenen Bälkchen nur aufliegen, die Reactionen des fibrillären Bindegewebes zeigt, während die granulirte Substanz, wie schon aus den oben gelegentlich angeführten Reactionen hervorgeht, den Eiweisskörpern angehört. Damit stimmt überein, dass sie in gekochten Netzhäuten wohl erhalten ist. Als Bindegewebe können wir also diese Lage nicht bezeichnen. Wir dürfen sie aber auch nicht zu den Bindesubstanzen rechnen, sobald wir die Gewebe nach ihrer Entstehung classificiren. Denn die moleculäre Substanz entsteht in loco aus einem vom oberen Keimblatte und zwar dessen axialen Theile abstammenden Blastem (Babuchin). Wahrscheinlich sind dabei jene Zellen betheiligt, welche Babuchin (91) bei 11 bis 12tägigen Hühnerembryonen in der Mitte dieser Schicht fand; es würde dann die innere granulirte Schicht als eine von den Zellen aus gebildete Intercellularsubstanz eiweissartiger Natur aufzufassen sein. Diese Zellen konnte jedoch Babuchin beim erwachsenen Huhn nicht mehr finden. Bei anderen Thieren lassen sich jedoch wenigstens einzelne Kerne in dieser Lage, wenn auch selten, wahrnehmen (Nagel in Graefe's Archiv Bd. VI, p. 218. H. Müller (60) beim Barsch). Golgi und Manfredi (164) fanden hier dieselben Zellen, deren ich bereits aus der Ganglien-

---

[1]) Sulla struttura delle ghiandole linfatiche. Giornale della R. accademia di medicina di Torino. 1873.

zellen- und Nervenfaserschicht gedachte. Sie liegen nach ihnen besonders zahlreich auf der inneren und äusseren Fläche der inneren granulirten Schicht, am spärlichsten im Inneren.

Fig. 25.



Schnitt durch die Netzhaut des Falken. Bezeichnung der Schichten (1—10) wie in Figur 13. Zeiss C. Ocular 2.

Die Netzhaut mancher Thiere, besonders deutlich die der Vögel und Reptilien, zeigt die innere granulirte Schicht auf senkrechten Schnitten wie geschichtet, indem mehrere helle oder dunkle Linien parallel der Fläche der Retina die granulirte Substanz durchsetzen (Fig. 25). Nach G. Wagener (134) kommen deren bis 8 vor. Sie liegen durchaus nicht in gleichen Abständen von einander, sondern bald näher, bald ferner. Besonders complicirt ist die entsprechende Zeichnung beim Chamäleon (H. Müller) (81). Die Ursache derselben ist bis jetzt nicht genügend bekannt. Nach M. Schultze (67) zeigt die granulirte Substanz beim Rochen an den Stellen, wo die Streifen liegen, ein dichteres Netzwerk. Manz (76) fand diese Streifung beim Frosch sehr unbeständig, G. Wagener (134) dieselbe besonders im Hintergrund des Auges entwickelt.

Die granulirte Substanz wird von zwei heterogenen Formelementen durchsetzt, von Radialfasern und Nerven. Das Verhältniss der ersteren zur molecularen Lage ist bereits erörtert worden. Auf das Vorkommen von Nervenfasern innerhalb dieser Schicht haben zuerst Pacini (26) und Remak (43) aufmerksam gemacht. Im ganz frischen Zustande gelingt es schwer, dieselben wahrzunehmen, da ihr Lichtbrechungsvermögen mit dem der homogenen Gerüstsubstanz übereinstimmt. Dagegen lassen sich nach Maceration in dünnen Chromsäurelösungen ausserordentlich feine nervöse Fäserchen aus derselben auf kurze Strecken isoliren (M. Schultze) (150). Diese Fäserchen sind nach H. Müller (60) am leichtesten in der Gegend der *Macula lutea* nachzuweisen und hier überhaupt viel zahlreicher und deutlicher, als in den peripheren Partieen der Netzhaut. Ueber die Art ihres Verlaufes lässt sich an solchen Präparaten nicht viel aussagen, da sie nur auf kurze Strecken isolirt zu erhalten sind. M. Schultze vermuthet, dass sie mannichfach verschlungene Bahnen innerhalb der Maschenräume seines Reticulums spongiöser Bindesubstanz einschlagen. Retzius (155) betont dagegen entschieden den geraden radiären Verlauf der Nervenfasern dieser Schicht. Er lieferte den Nachweis, dass ein Theil der feineren radiären varicösen Fasern, welche hier gefunden werden, Fortsätze von bipolaren inneren Körnern sind, eine Thatsache, die ich vollkommen bestätigen kann (s. unten § 19). Ein Theil der feinen varicösen Fäserchen, welche H. Müller und M. Schultze aus dieser Lage isolirten, ist also wohl auf Fortsätze der inneren Körner zu beziehen; ein anderer Theil steht entschieden mit den bereits besprochenen dicken radialen Fortsätzen der Ganglienzellen in Verbindung; es sprechen dafür Bilder wie Fig. 23 *b* vom Schaaf, wo man ein äusserst feines Fäserchen von einem

gröberen radialen Fortsatz abtreten sieht, ferner die Zeichnungen H. MÜLLER's (60) (Figur 20) von den Ganglienzellen der menschlichen Netzhaut. Ueber das weitere Schicksal dieser feinsten Verästelungen der Ganglienzellen, über ihre Zahl und Verbindungen ist nichts Sicheres bekannt. Ich werde auf die Frage, wie sie sich zur inneren Körnerschicht verhalten, am Schluss dieses Aufsatzes näher eingehn und habe hier nur noch einen Gedanken zurückzuweisen, der sich nach den Untersuchungen RINDFLEISCH's[1]) und BUTZKE's[2]) über die Beziehungen der feinen Fortsätze der centralen Ganglienzellen zur granulirten Substanz, für die Beschaffenheit der inneren granulirten Schicht der Netzhaut aufdrängen könnte, nämlich dass dieselbe gewissermaassen selbst nervös sei, aus einer körnig-faserigen Auflösung der Ganglienzellenfortsätze ihre Entstehung nehme. Sehen wir ganz ab von den Einwänden, die für die nervösen Centralorgane bereits von BOLL[3]) gegen RINDFLEISCH's Ansicht geltend gemacht worden sind, so ergibt sich für die Netzhaut schon daraus die Unrichtigkeit derselben, dass innere granulirte und Ganglienzellenschicht nicht im gleichen Verhältniss wachsen und abnehmen. An der Peripherie der Netzhaut, wo wir nur noch spärliche Ganglienzellen finden, ist die innere granulirte Schicht nur ein wenig dünner, als in der an dicht gedrängt liegenden Ganglienzellen so reichen *Macula lutea*. Man müsste aber offenbar eine gewisse Abhängigkeit der Massen-Entwicklung der granulirten Substanz von der Zahl der Ganglienzellen an der entsprechenden Stelle erwarten, wenn RINDFLEISCH's Ansicht auf die Retina übertragbar wäre.

Endlich ist noch ein Punct kurz zu erwähnen. Nach M. SCHULTZE würden die feinsten Nervenfibrillen dieser Schicht innerhalb der communicirenden Maschenräume verlaufen, so dass wir zwei ineinander gesteckte Netzwerke erhielten. Ich halte es nach der von mir gegebenen Beschreibung der granulirten Substanz für wahrscheinlicher, dass die Nervenfasern innerhalb der Balken selbst verlaufen, da das, was M. SCHULTZE für ein communicirendes Lückensystem hält, sich als kleine mit Flüssigkeit erfüllte Vacuolen herausgestellt hat. Wollte man in diesen Nervenfäserchen suchen, so müssten dieselben abwechselnd in den hellen Vacuolen und in der homogenen Balkensubstanz verlaufen. Eine sichere Entscheidung ist in dieser Frage noch nicht zu treffen.

Hier sei anhangsweise noch zweier eigenthümlicher Ansichten über die Textur der inneren granulirten Schicht gedacht, die wohl schwerlich Anhänger finden werden. Die eine ist die von RITTER (95), der sich auf Beobachtungen am Walfisch-Auge stützt. Demnach besteht die innere granulirte Schicht, von RITTER äussere Faserschicht genannt, aus zahlreichen »zweiästigen Faserzellen«, die in der mannichfachsten Weise zu einem complicirten Netzwerk sich verbinden. Nach GOLGI und MANFREDI (164) betheiligen sich dagegen an der Bildung dieses Stratum zwei ganz verschiedene Elemente: zahlreiche Bindegewebsfibrillen, die Fortsätze der von ihnen aus dieser Schicht beschriebenen Gliazellen, und die feinen Fortsätze der Ganglienzellen, welche mit den Fibrillen ein dichtes Netzwerk bilden.

§ 19. Die innere Körnerschicht.

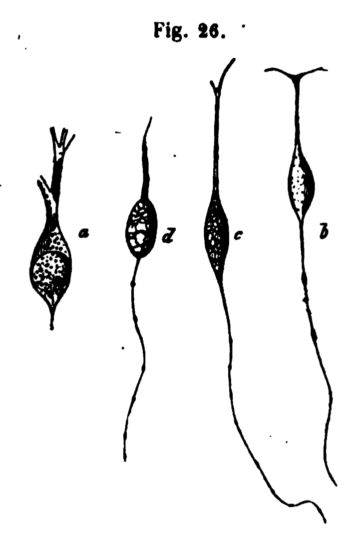
Die Elemente der inneren Körnerschicht können wir in zellige und faserige eintheilen. Von den zelligen kommen in der Netzhaut jedes Thieres mindestens

---

1) M. SCHULTZE's Archiv. Bd. VIII. S. 453.
2) Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. 3. Bd. 1872.
3) Die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane. Berlin 1873.

zwei verschiedene Formen vor, von denen wir die eine bereits als Kerne der Radialfasern näher kennen gelernt haben, während die andern mit feinen Fäserchen von wahrscheinlich nervöser Natur zusammenhängt. Alle diese Elemente erhalten durch die oben beschriebenen seitlichen flügel- und schalenförmigen Ausbreitungen der diese Schicht durchsetzenden Radialfasern eine Stütze und werden ausserdem durch eine im Leben weiche Kittsubstanz verbunden.

Fig. 26.



Innere Körner mit ihren langen ungetheilten feineren centralen und ihren gegabelten peripherischen Ausläufern. *a* vom Kalb, *b*, *c*, *d* vom Frosch. Durch Jodserum isolirt. Zeiss F. II.

Die überwiegende Mehrzahl der inneren Körner besteht aus zarten Zellen mit grossem, die Breite des Zellkörpers ausfüllendem ovalem oder kugligem Kerne mit Kernkörperchen und einem Zellkörper, der, auf die Pole des Kernes reducirt, (Fig. 26) nach aussen und innen radiär durch die Retina feine Fortsätze entsendet. Diese Zellen haben ganz den Character der Ganglienzellen, sie zeigen die gleichen Reactionen wie diese. Von den äusseren Körnern unterscheiden sie sich, wenigstens bei den Säugethieren durch ihre grösseren Dimensionen. Erhärtet man die Retina von Säugethieren in der Merkel'schen Chlorplatin-Chromsäurelösung, so lassen die inneren Körner (Körnerzellen Ritter) in gleicher Weise wie die Ganglienzellen an Schnitten ihren Zellkörper nur undeutlich erkennen, während beider Kerne in sehr ähnlicher Weise hervortreten. Färbt man nun nach Behandlung mit Alkohol diese Schnitte mit Hämatoxylin, so nehmen nur die äusseren Körner eine intensiv blaue Farbe an, während innere Körner und Ganglienzellen nur matt gefärbt erscheinen mit Ausnahme der innersten Reihe der inneren Körner, welche an die innere granulirte Schichtgrenzt, worüber unten Näheres.

Ebenso wie die Zellkörper und Kerne in ihrem Verhalten den entsprechenden Theilen der Ganglienzellen gleichen, stimmen auch die Fortsätze mit Ganglienzellenfortsätzen überein. Man hat einen inneren dünnen und äusseren dickeren Fortsatz zu unterscheiden (Merkel) (143). Um dieselben auf lange Strecken im Zusammenhange mit den inneren Körnern zu isoliren, hat sich mir am besten die Maceration frischer Netzhäute in Jodserum erwiesen. Die Kerne der Zellen erscheinen aber in diesem Falle, wenigstens beim Frosch (Fig. 26*b*—*d*) nicht deutlich vom Zellkörper abgegrenzt, der letztere feiner oder gröber granulirt. Der innere Fortsatz ist ausserordentlich fein, mit feinen Varicositäten unregelmässig besetzt, und, soweit ich ihn zu isoliren vermochte, ungetheilt. Die Isolation ist mir mittelst der genannten Methode oft auf eine Strecke gelungen, die die Dicke der inneren granulirten Schicht übertraf, so dass also die äussersten Enden der von mir isolirten Fasern in der Nähe der Ganglienzellenschicht zu suchen waren. Dabei verlaufen diese varicösen Fäserchen durch die innere granulirte Schicht in radialer Richtung (Retzius) (155) neben den radial gerichteten äusseren Fortsätzen der Ganglienzellen weithin vorbei, so dass ein Zusammen-

hang beider schon dadurch höchst unwahrscheinlich wird. Die äusseren Fortsätze der inneren Körner des Frosches sind breiter, oft fein granulirt, nicht varicös und verlaufen meist ungetheilt bis zur Grenze der äusseren granulirten Schicht; sie müssen deshalb bei den einzelnen Zellen je nach ihrer Entfernung von der äusseren granulirten Schicht eine verschiedene Länge besitzen. An der Grenze der granulirten Schicht theilen sie sich beim Frosch fast immer in zwei unter scharfem, oft rechtem Winkel (Fig. 26 *b* und *c*) umbiegende feine Fäserchen, die nun wahrscheinlich in der Ebene der äusseren granulirten Schicht weiter verlaufen. Es gelang mir nicht, sie auf eine längere Strecke zu erhalten, als Fig. 26*b* zeigt. Eine ähnliche Gabelung des dickeren peripherischen Fortsatzes bildet Merkel (143) aus der *Macula lutea* des Menschen ab. Bei einigen Säugethieren sind diese Fortsätze complicirter gebaut. Fig. 26*a* zeigt eine mittelst Jodserum isolirte innere Körnerzelle vom Kalb, deren dicker peripherer Fortsatz zunächst eine Gabelung und dann die Auflösung eines der Theiläste in feine Fäserchen erkennen lässt.

Auf Grund der in dieser Beschreibung niedergelegten Thatsachen können wir nicht anstehn, den grösseren Theil der inneren Körner, soweit sie nicht Radialfasern angehören, für bipolare Ganglienzellen zu erklären. Ich will hier gleich darauf aufmerksam machen, dass ihre inneren Fortsätze mit den feinsten varicösen Fäserchen, wie sie in der Nervenfaserschicht vorkommen, vollkommen übereinstimmen.

Die inneren Körner sind vielfach als multipolar beschrieben worden, von Ritter (95) beim Walfisch (mit drei Fortsätzen), von Hulke (126) bei Phocaena. H. Müller (60) beschreibt sie bei den Fischen als »rundlich-polygonal«. Es scheinen sich jedoch diese Beobachtungen auf ungenügend erhaltene oder verzerrte Körnerzellen zu beziehen. Anastomosen dieser Zellen, wie sie Manz (76) beim Frosch beschreibt, habe ich nie gesehn.

Die bisher beschriebenen »inneren Körner«, nämlich die Kerne der Radialfasern und die die Hauptmasse dieser Schicht bildenden kleinen bipolaren Ganglienzellen kommen allen Wirbelthieren zu. Beim Menschen hat zuerst Vintschgau (52) auf eine dritte Art Zellen aufmerksam gemacht, welche die der inneren granulirten Schicht benachbarte Lage der inneren Körner bilden. Dieselben zeichnen sich durch ihre Grösse aus (0,01 — 0,0137 Mm. beim Menschen nach Vintschgau) und besitzen ebenfalls einen deutlichen Kern mit Kernkörperchen. Sie sind ferner in radiärer Richtung abgeplattet. In gleicher Weise abgeplattete Zellen beschreibt Vintschgau bei den Fischen, nur dass er sie hier kleiner fand, wie die übrigen Elemente dieser Schicht. Ich habe mich von der Existenz solcher differenten Zellen an dieser Stelle in der Netzhaut einiger Säugethiere (Pferd, Rind) überzeugt. Dieselben bilden auf Schnitten durch Chromsäure-Chlorplatin-Präparate eine geschlossene Lage abgeplatteter Elemente, deren Kerne sich im Gegensatz zu den Kernen der anderen inneren Körner und Ganglienzellen durch Hämatoxylin intensiv violett färben lassen. Ueber die Bedeutung dieser Zellen kann ich noch nichts Bestimmtes aussagen, da ich sie noch nicht im isolirten Zustande untersucht habe. Sie scheinen mir indessen zur inneren granulirten Schicht in besonderer Beziehung zu stehn; vielleicht entsprechen sie der äusseren Schicht der Bildungszellen derselben, welche Babuchin (91) beschreibt.

Eine vierte Art von zelligen Elementen aus der inneren Körnerschicht beschreibt W. Krause (131). Dieselben ragen in die Krause'sche *Membrana fenestrata* (äussere granulirte Schicht) hinein, sollen constant etwas grösser wie die Zellen der mittleren Lagen und ferner unipolar sein, indem sie nach aussen keinen Fortsatz abgeben. Krause betrachtet sie als die Endorgane der Sehnervenfasern.

Die zarten zelligen Elemente der inneren Körnerschicht werden gestützt, in ihrer Lage erhalten durch die oben ausführlicher beschriebenen seitlichen Stützfasern. Dieselben bilden zarte, unvollständige schalenförmige Hüllen für die der betreffenden Radialfaser benachbarten inneren Körner. Ein Zusammenhang der einzelnen Radialfasern unter einander innerhalb dieser Schicht durch solche Fortsätze findet nicht statt. Was sonst nach Behandlung dieser Schicht mit Chromsäure-Chlorplatin (Merkel) (143) als netzförmige Bindesubstanz, oder nach Behandlung mit Osmiumsäure (Landolt) (145) als zusammenhängendes Korbgeflecht beschrieben ist, bin ich geneigt auf eine zwischen den Formelementen befindliche, die Zwischenräume zwischen denselben ausfüllende, im Leben weiche, durch die genannten Reagentien erstarrende Kittsubstanz zu beziehen, da nach Maceration in Jodserum, in Kochsalzlösungen von 10 pc. nie etwas von solchen Bälkchen zu sehen ist. Im erhärteten Zustande wird dieselbe schrumpfen und auf Schnitten als ein die Zellen umgebendes Netzwerk erscheinen, das sich unmittelbar an die seitlichen Fortsätze der Radialfasern anzuschliessen scheint. Golgi und Manfredi finden auch in der inneren Körnerschicht einzelne der oben beschriebenen (§ 16) platten Zellen. Nach Heinemann (96) dringt bei den Vögeln mit den Radialfasern granulirte Substanz eine Strecke weit in die innere Körnerschicht hinein.

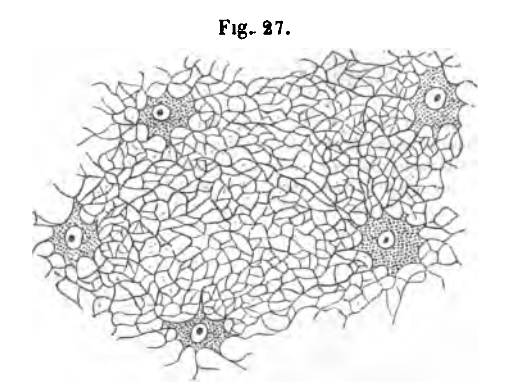
Während an den meisten Stellen der menschlichen Netzhaut und in der der meisten Thiere beide der inneren Körnerschicht zukommende Arten von Fasern, die stützenden sowohl wie die nervösen radiär verlaufen, zeichnen sich die nervösen in der *Macula lutea* des Menschen und Affen durch einen schiefen Verlauf aus. Dasselbe ist nach H. Müller (81) im Auge des Chamäleons in der Gegend der *Fovea centralis* und nach Hulke (113) bei anderen Reptilien der Fall. Die nervösen Fasern kreuzen sich hier mit den radiären Stützfasern unter spitzem Winkel. Bei vielen Vögeln, besonders bei den Tagraubvögeln (M. Schultze) (109), beim Pyrol (Heinemann) (96) scheint die schiefe Richtung der feinen nervösen Fasern dieser Schicht über einen grossen Theil der Netzhaut verbreitet zu sein; auf senkrechten Schnitten ist dem entsprechend eine feine schiefe Streifung sehr deutlich.

§ 20. Die äussere granulirte Schicht.

Die Untersuchung der äusseren granulirten Schicht ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Schnitte senkrecht zur Fläche der Retina lehren nur, dass sich zwischen äusserer Körnerschicht, resp. äusserer Faserschicht und der Lage der inneren Körner ein dünnes Stratum granulirter Substanz findet, das in Chromsäure- und Alkohol-Präparaten ein ganz ähnliches Aussehn zeigt, wie die innere granulirte Schicht. Hie und da wird ein Kern in ihm sichtbar. Um die Beziehungen dieser Kerne zur feingranulirten Masse kennen zu lernen, um überhaupt einen Einblick in den feineren Bau dieser Schicht zu gewinnen, ist es, wie Krause (131) mit Recht hervorhebt, nothwendig, sich Flächenansichten zu verschaffen. Dies

kann man durch Flächenschnitte erreichen; dieselben gelingen aber nur selten so, dass man ein grösseres Stück der dünnen Lage im Schnitte hat, da die Schnitte meist schräg fallen werden; dann hat man natürlich mehrere Schichten neben einander in demselben Präparate und Verwechslungen sind leicht möglich. Besser verfährt man so, dass man die ganze Lage zu isoliren sucht, was freilich nur im Zusammenhange mit einer der beiden anliegenden Schichten gelingt. So kann man leicht die Retina der Fische durch Maceration in Müller'scher Lösung in zwei Lagen spalten, deren äussere Stäbchen und Zapfen mit äusseren Körnern und die Hauptmasse der äusseren granulirten Schicht enthält; letztere gelingt es dann beim Zerzupfen dieser Lage bruchstückweise zu isoliren. Bei den Säugethieren ist diese Flächenspaltung viel schwieriger, am leichtesten, wie Rivolta (158) gefunden, beim Pferde durch längere (10—20 tägige) Behandlung der angeschnittenen Bulbi mit dünnen Lösungen von Chromsäure (0,05—0,10 pc.) oder *Kali bichromicum* (0,25—0,75 pc.) zu erzielen. Man erhält auf diese Weise die äussere granulirte Schicht in Verbindung mit einem Theile der inneren Körner.

Fig. 27.

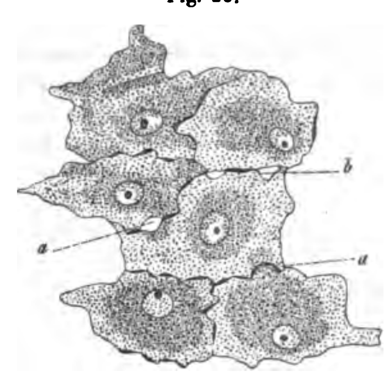


Vielstrahlige Zellen aus der äusseren granulirten Schicht der Retina des Pferdes. Chromsäure-Präparat. Die Ausläufer der Zellen und das von ihnen gebildete Netz sind im Holzschnitt zu hart ausgefallen. Zeiss F. Ocular 2.

Betrachtet man nun so gewonnene Präparate (vom Pferd), am besten nach Tinction mit Hämatoxylin, mittelst stärkerer Vergrösserungen, so gewahrt man zahlreiche, nach den verschiedensten Richtungen innerhalb der Ebene der äusseren granulirten Schicht verlaufende sich verfilzende Fasern. Von Stelle zu Stelle sind in dies Flechtwerk schöne runde homogene Kerne mit glänzenden Kernkörperchen eingebettet; dieselben zeigen sich von einer flachen Ansammlung feinkörniger Substanz umgeben, die an ihren Rändern zahlreiche einfache und verästelte Fortsätze abgibt (Fig. 27). So sehen die Zellen flachen multipolaren Ganglienzellen nicht unähnlich und wurden auch von Rivolta (158) für solche gehalten. Die Beschaffenheit des Kerns und Kernkörperchens, sowie die Varicositäten, welche die Fortsätze häufig in dünnen Chromsäurelösungen zeigen, (Golgi und Manfredi) (164), könnten zu Gunsten dieser Ansicht angeführt werden. Dagegen ist jedoch zu bemerken, dass es durchaus noch nicht sicher erwiesen ist, dass alle jene radiär von diesen Zellen ausstrahlenden varicösen Fasern ihnen angehören; viele liegen ihnen offenbar nur an, und entsteht die Täuschung eines Zusammenhangs mit ihnen dadurch, dass vom Rande der feinkörnigen Platte mit Körnchen besetzte Zacken oder Fasern nach allen Richtungen ausgehen, die oft den varicösen Fasern anliegen. Ueberdies verlaufen in der Ebene der Schicht zahlreiche ebenso beschaffene varicöse Fäserchen, ohne zu den Zellen irgend welche Beziehung zu zeigen. Ich halte es deshalb für das Wahrscheinlichste, dass die Zellplatten mit ihren fasrigen Rändern und die varicösen Fasern überhaupt nichts mit einander zu thun haben. Für das Verständniss der platten Zellen gibt

die vergleichende Untersuchung der Augen anderer Wirbelthiere Anhaltspuncte. Bei anderen Säugethieren sind sie viel schwieriger nachzuweisen wie beim Pferd. Kölliker (127) fand beim Ochsen ähnliche platte wagerecht liegende Zellen mit ebenfalls wagerecht abgehenden Ausläufern, die auf senkrechten Schnitten den Eindruck bipolarer Nervenzellen machten; er hält sie aber dennoch für Zellen der Bindesubstanz. Dass auch bei anderen Säugethieren die entsprechenden Elemente nicht fehlen, beweist das Vorkommen von Kernen, die nach M. Schultze innerhalb dieser Schicht allgemein, wenn auch spärlich verbreitet sind. Ich habe mich von ihrer Existenz im Auge des Menschen überzeugt. Auf Krause's (131) Angaben werde ich unten zurückkommen.

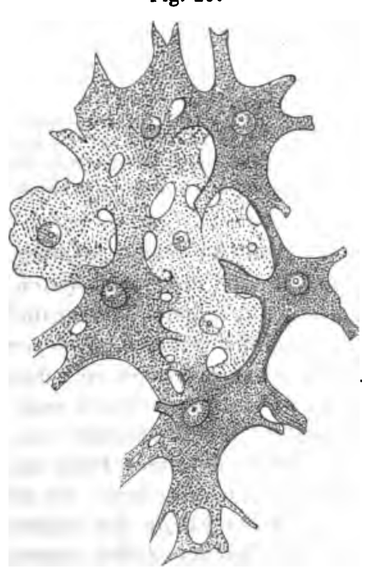
Fig. 28.



Zellen aus der mittleren Lage der äusseren granulirten Schicht vom Hecht. Präparat aus Müller'scher Lösung. *a* Löcher zwischen den Zellen. *b* Glänzende Streifen an den Zellengrenzen. Zeiss F. Ocular 2.

Aus dem Auge der Fische sind schöne verästelte Zellen seit H. Müller (32) bekannt. Sie gleichen hier im isolirten Zustande den Ganglienzellen sehr und finden sich wenigstens in zwei Lagen dicht über einander (*Acerina cernua* nach H. Müller, *Esox lucius* und Andere). Die äussere Lage besteht aus platten körnigen mit kurzen eckigen Fortsätzen versehenen Zellen, die mittelst dieser Fortsätze zu einer mit kleinen Löchern versehenen Platte vereinigt sind. Nach H. Müller sind beim Kaulbarsch keine Zellengrenzen zu erkennen. Ich finde jedoch beim Hecht (Fig. 28) stets deutliche zackige Zellengrenzen, zwischen denen kleine gerade oder schief gerichtete Löcher frei bleiben. Auffallend ist, dass an vielen Stellen an Präparaten aus Müller'scher Lösung diese Grenzen noch durch kürzere und längere glänzende Stäbchen besonders markirt sind. Der Kern dieser nach Art eines Epithels an einander liegenden Zellen ist homogen, kuglig und besitzt ein deutliches Kernkörperchen, gleicht überhaupt sehr den Kernen der Ganglienzellen und der Zellen aus der äusseren granulirten Schicht des Pferdes. Die Zellen der inneren Lage (Fig. 29) dieser Schicht besitzen bei den Fischen lange verästelte Fortsätze, mittelst deren sie sich zu einer mit weiten Oeffnungen versehenen gefensterten Membran verbinden (*Stratum intergranulosum fenestratum* M. Schultze (67), *Membrana perforata* W. Krause (132). Hier lassen sich keine Zellengrenzen mehr unterscheiden; die Kerne gleichen aber

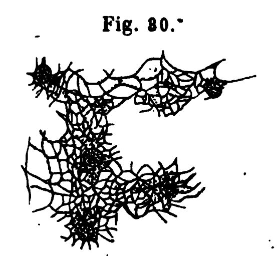
Fig. 29.



Zellen aus der innersten Lage der äusseren granulirten Schicht vom Hecht, ein Netzwerk bildend. Präparat aus Müller'scher Lösung. Zeiss F. Ocular 2.

ganz denen der äusseren Lage, sind ähnlich denen der Ganglienzellen. Ihre Substanz ist feingranulirt oder, wie M. Schultze beim Barsch und beim Rochen fand, feinfaserig. Ich kann aber diese Fasern, die ich auch in den entsprechenden Zellen des Hechtes wahrnehmen konnte, nicht für Bindegewebsfibrillen halten, da ihre chemischen Reactionen damit nicht übereinstimmen; es scheint mir hier vielmehr eine ähnliche Differenzirung der Zellsubstanz vorzuliegen, wie sie von M. Schultze bei den Ganglienzellen beschrieben ist. Als eine andere Art der Differenzirung beschreibt M. Schultze beim Rochen die Umwandlung eines Theiles der Substanz der Zellen in granulirte. Noch deutlicher zeigt dies beim Hecht eine dritte Lage von Zellen auf der äusseren Seite der äusseren granulirten Schicht, die bisher noch nicht bekannt war[1]). Dieselben scheinen mir von der wesentlichsten Bedeutung für das Verständniss der granulirten Substanz überhaupt und stellen sich an Chromsäurepräparaten folgendermaassen dar (Fig. 30). In einer dünnen Schicht eines aus feinen mit Körnchen besetzten Bälkchen gestrickten Netzwerks erscheinen kleine kuglige granulirte Kerne ohne Kernkörperchen in ziemlich regelmässigen Abständen von einander eingebettet. Um diese Kerne herum verdichtet sich das Netzwerk jedesmal zu einer feinkörnigen Masse, so dass dadurch das Ganze in einzelne Zellenterritorien zerfällt. Denken wir uns die Kerne hinweg, so haben wir ein Bild, welches dem der inneren granulirten Schicht der Fische nach derselben Behandlung vollkommen gleicht.

Fig. 30.



Zellen und Netzwerk der äussersten Lage der Granulosa externa vom Hecht. Chromsäurepräparat. Zeiss F. Ocular 2.

Wenn wir nun ferner die Ansammlung feinkörniger Substanz um die Kerne dichter, das die Zellterritorien verknüpfende Netzwerk dagegen sehr weitmaschig und spärlich werden lassen, so erhalten wir die Zellen der äusseren granulirten Schicht des Pferdes. Andererseits beweist das von M. Schultze beim Rochen beschriebene Bild, dass auch die inneren Zellen stellenweise das Bild der granulirten Substanz, sowie ich sie § 18 geschildert habe, darbieten können. Wenn wir ferner wissen, dass die äussere granulirte Schicht sich in ganz ähnlicher Weise bildet, wie die innere (Babuchin) (91), so können wir die Verschiedenheiten beider nur noch darin finden, dass in der äusseren die embryonalen Bildungselemente der granulirten Substanz bei spärlicher Bildung der letzteren wohl erhalten bleiben, stellenweise sogar sich zu wohl characterisirten Zellen verschiedener Art entwickeln, während in der inneren granulirten Schicht die zelligen Elemente sehr zurücktreten. Mit demselben Recht, wie wir die Hauptmasse der inneren granulirten Schicht für nicht nervös erklärt haben, müssen wir dasselbe auch für die äussere annehmen, trotz der grossen Aehnlichkeit der Zellkerne mit denen von Ganglienzellen. Letztere scheint lediglich ein interessantes Document für die gemeinsame Abstammung der Elemente der granulirten Substanz, sowie der Ganglienzellen der Retina aus demselben vom Keimblatt gelieferten Bildungsmateriale der Netzhaut zu sein. Aus demselben Grunde können wir diese Formation aber auch nicht als Bindesubstanz, geschweige denn Bindegewebe, bezeichnen. Es scheint

---

[1]) H. Müller gibt an, etwas Aehnliches gesehn zu haben, doch ist er seiner Sache nicht ganz sicher. (60) S. 61 oben.

mir passender für die Radialfasern und die beiden granulirten Schichten den gemeinsamen indifferenten Namen Stützgewebe oder Stützsubstanz der Retina zu gebrauchen. Die beiden granulirten Substanzen bilden dann gewissermaassen Rahmen, welche in bestimmten Höhen die Radialfasern zusammenhalten, die anderen Elemente der Netzhaut in Etagen sondernd. Bemerkenswerth ist, dass gerade innerhalb dieser eigenthümlich gebauten Rahmen die feinsten Nervenfasern sich vorfinden, wie wir dies alsbald auch von der äusseren granulirten Schicht kennen lernen werden.

Die einzelnen Lagen der äusseren granulirten Schicht der Fische zeigen je nach den Gattungen bedeutende Verschiedenheiten. So liegt nach M. SCHULTZE (150) bei *Perca fluviatilis* auf der einen Seite einer Lage platter sternförmiger vielfach anastomosirender Zellen ein Netz dünner, den elastischen Fasern ähnlich sich verzweigender und durchflechtender Fasern, während die andere Fläche von einer dünnen Platte feinkörniger mit runden Kernen und Löchern versehener Substanz besetzt ist. Aus streifigen ramificirten Strängen ohne Kerne besteht die äussere granulirte Schicht bei *Cyprinus barbus* und *Leuciscus* (H. MÜLLER). Zu bemerken ist, dass bei vielen Fischen (z. B. Rochen) die innerste Lage schlanker verästelter Zellen in die innere Körnerschicht hineinragt. Den sternförmigen platten Zellen der Fische sehr ähnliche fand H. MÜLLER (60) bei den Schildkröten (vergl. auch STEINLIN (108)). Des Vorkommens von Kernen resp. Zellen in der äusseren granulirten Schicht der Vögel gedenken HEINEMANN (96), STEINLIN (108) und H. MÜLLER (60). Beim Frosch beschreibt MANZ (76) und bildet ab an der Stelle der äusseren granulirten Schicht eine Reihe ovaler mit ihrem Längsdurchmesser parallel der Netzhautfläche gelegener, von feinen Fasern umstrickter Zellen. Aehnliche Angaben macht HULKE (118) bei anderen Amphibien. Ganz ähnliche in einfacher Lage wie zu einem Epithelium zusammengefügte Körperchen sah HENLE (114) in einem Fall an derselben Stelle innerhalb der *Macula lutea* des Menschen. Es geht aus diesen Angaben die grosse Verbreitung der betreffenden zelligen Elemente, aber auch deren Vielseitigkeit hervor.

Eine wichtige Frage ist die nach dem Verhalten der radiär verlaufenden Elemente der Netzhaut zu der äusseren granulirten Schicht. Was zunächst die Radialfasern betrifft, so muss ich auch hier mit Bestimmtheit behaupten, dass sie sich nicht in der granulirten Substanz auflösen oder mit dieser continuirlich sind. Sie ziehen vielmehr einfach durch die Lücken dieser Lage hindurch, ohne Verbindungen dabei einzugehn. Bei Anwendung erhärtender Flüssigkeiten (Osmiumsäure, Alkohol, Chromsäure) kann auch hier wieder der Anschein einer Auflösung der Radialfasern in ein Reticulum entstehen (M. SCHULTZE (150); HEINEMANN (96), LANDOLT (145)), nach Maceration in Kochsalzlösungen von 10 pc. oder in Jodserum lösen sie sich dagegen glatt heraus.

In Uebereinstimmung damit ist, dass nach MERKEL (143) in der *Macula lutea* die von ihm beschriebenen Scheiden der Zapfenfasern einfach durch die äussere granulirte Schicht hindurchtreten, wo sie sich innerhalb der inneren Körnerschicht in feine ein Reticulum bildende Fasern auflösen sollen (vergl. über dies Reticulum oben § 19).

Sehr eigenthümlich ist die Schilderung, welche RITTER (95) von dem Bindegewebe der Retina entwirft. Demnach soll dasselbe in der Körnerschicht aus drei Reihen von Bogen, deren beide ersten ihre Concavität nach innen richten, dargestellt werden. Die erste Reihe der Bogen bildet mit ihren Gipfeln die äussere granulirte Schicht. Die Bogen selbst sollen aus Faserzellen zusammen gesetzt sein.

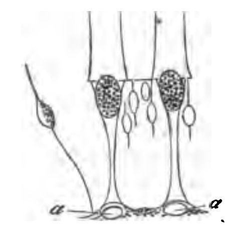
In Betreff des Verhaltens der äusseren Fortsätze der gangliösen inneren Körner zur äusseren granulirten Schicht wurde bereits oben beschrieben, dass dieselben in der Ebene dieser Schicht oder schon etwas früher sich gabeln und

dass dann die feinen aus der Gabelung entstandenen Fäserchen parallel der Retinafläche weiter verlaufen. Wir sehen also auf diesem Wege unzweifelhafte Nervenfäserchen in die äussere granulirte Schicht gelangen und in der Ebene derselben sich ausbreiten, nicht etwa gleich durch dieselbe hindurch in die äussere Körnerschicht eintreten. Bei Flächenansichten der betreffenden Lage der Säugethiere (Pferd), bemerkt man, wie oben bereits erwähnt, zahlreiche, horizontal verlaufende varicöse Fäserchen in den verschiedensten Richtungen sich durchkreuzend. M. SCHULTZE (150) und HULKE (113) beschreiben Aehnliches. Dem erstgenannten Forscher zu Folge liegen diese Fäserchen innerhalb der feingestrickten granulirten Substanz, nach HULKE zwischen dieser und der äusseren Körnerschicht. Beide erklären sie für nervös, M. SCHULTZE sich berufend auf die für feinste mit dünnen Chromsäurelösungen behandelte Nervenfasern characteristischen Varicositäten. Wir dürfen uns indessen nicht verhehlen, dass nur für einzelne derselben der Nachweis mit nervösen Elementen, den inneren Körnern, geliefert ist; wir können es deshalb nach Allem nur für sehr wahrscheinlich halten, dass man es hier mit Nervenfasern zu thun habe. In diesem Falle hätten wir dann eine ganz ähnliche Anordnung der Nervenfäserchen zu den percipirenden Elementen, wie sie BABUCHIN [1]) von der Geruchsschleimhaut beschrieben hat, nämlich einen horizontalen Verlauf der Fasern vor dem Eindringen in das Sinnesepithel.

Auch RETZIUS (153) konnte bei den Fischen die äusseren Fortsätze der inneren Körner in die zelligen Lagen der äusseren granulirten Schicht eintreten sehen. Einen Zusammenhang derselben mit den äusseren Körnern konnte er nie wahrnehmen, während HASSE (111) sich einmal von einem Zusammenhang der Stäbchenfasern durch die äussere granulirte Schicht hindurch mit den Fasern der inneren Körner überzeugt zu haben glaubt.

Auf der äusseren Seite der äusseren granulirten Schicht haften die Stäbchen- und Zapfenfasern. Ich werde unten genauer auf die Frage, in welcher Weise sich die genannten Elemente mit der äusseren granulirten Schicht verbinden, eingehn. Hier sei nur hervorgehoben, dass die dreieckigen Anschwellungen der Zapfenfasern nicht continuirlich in die platten Zellen dieser Lage übergehn, wie dies KRAUSE (131) behauptet, sondern dass dieselben sich nur einfach anlegen und an ihren Rändern ausgefasert sind. Beim Hecht habe ich in einem Falle beobachtet, dass jeder Zapfenfaserkegel in eine Aushöhlung seiner inneren Fläche das kernhaltige Centrum einer der äussersten granulirten Zellen aufnahm (s. Fig. 31), jedoch stets durch eine scharfe Linie davon abgegrenzt war.

Fig. 31.



Stäbchen- und Zapfenfasern aus der Retina des Hechts letztere scharf abgegrenzt gegen die kernhaltigen Stellen (a) der äusseren granulirten Schicht. Chromsäure-Präparat, Zeiss F. Ocular 2.

Zum Schluss habe ich hier der Angaben von KRAUSE (131) über die Textur der äusseren granulirten Schicht ausführlicher zu gedenken. Nach seinen Untersuchungen enthält diese Lage keine granulirte Substanz, sondern besteht aus einer dünnen gefensterten Haut, die aus platten mit ihren Rändern theilweise an einander stossenden Zellen zusammengesetzt ist. KRAUSE nennt diese Bildung *Membrana fenestrata* und findet sie bei allen Wirbelthieren in der

[1]) Das Geruchsorgan, STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 964.

ganzen Ausdehnung der Retina; sie fehlt nach ihm nur im Grunde der *Fovea centralis*. Bei den Fischen legt sich innen an die *Membrana fenestrata* noch eine zweite Lage von Zellen mit längeren Fortsätzen, die sich ebenfalls zu einer Membran vereinigen, deren Löcher aber weiter sind und von den Radialfasern perforirt werden. Krause bezeichnet diese Schicht als *Membrana perforata*. In die *Membrana fenestrata* sollen nun einerseits die Radialfasern übergehn, andererseits in ganz derselben Weise die Stäbchen- und Zapfenfasern, so dass alle diese Elemente zum Stützgewebe der Retina gehören würden. Dass die Radialfasern nicht mit der äusseren granulirten Schicht continuirlich sind, wurde bereits oben hervorgehoben. Eine geschlossene *Membrana fenestrata* existirt aber ferner, wie oben gezeigt wurde, durchaus nicht bei allen Wirbelthieren. Nur die mittlere Zellenlage der Fische (Hecht, Kaulbarsch, s. Fig. 28) würde als solche zu bezeichnen sein, während bei den Säugethieren ganz andere Verhältnisse vorliegen, als Krause meint.

§ 21. Das Sinnesepithel der Netzhaut. (Stäbchen- und Zapfenschicht, äussere Körnerschicht.)

Ich habe in der Einleitung bereits die Gründe auseinandergesetzt, welche mich veranlassen, die gefässlosen äusseren Schichten der Netzhaut als Sinnesepithel zu bezeichnen. Die Bezeichnung soll lediglich eine morphologische sein, dazu dienen, den Ueberblick über den verwickelten Bau der Netzhaut zu erleichtern, ohne der Frage nach der Art der Endigung der Sehnervenfasern in irgend welcher Weise vorzugreifen. Die Zusammengehörigkeit der hier in Betracht kommenden Formelemente lehrt aber die Morphologie unzweifelhaft. Stäbchen und Zapfen entwickeln sich, wie M. Schultze (109, 118) nachgewiesen hat, aus unseren Sinneszellen nach Art der Cuticularbildungen, sind morphologisch den stiftartigen Aufsätzen der Geschmackszellen, sind den Riechhärchen vergleichbar. Dagegen findet das Eindringen der äusseren Radialfaserenden, die Existenz einer eigenthümlichen, das Sinnesepithel der Retina in zwei Schichten theilenden Bildung, der *Membrana limitans externa*, keine Analogie in anderen Sinnesepithelien.

Die Beschreibung der hier in Betracht kommenden Formelemente beginnt am zweckmässigsten mit der Schicht der Stäbchen und Zapfen. Da die pallisadenartig auf der Aussenfläche der *Limitans externa* angeordneten Elemente dieser Schicht in den einzelnen Wirbelthierklassen grosse Formverschiedenheiten zeigen, ist es zweckmässig, zunächst die Stäbchen und Zapfen der menschlichen Netzhaut genau zu beschreiben und dann erst einen vergleichenden Ueberblick über die entsprechenden Gebilde der Wirbelthiere zu halten, bei dem sich des Interessanten und physiologisch Verwerthbaren viel ergeben wird.

Die Stäbchen (*Bacilli*, *bâtonnets*, *rods*). Die Gestalt der Stäbchen der Netzhaut des Menschen und der Wirbelthiere ist im Allgemeinen als cylindrisch zu bezeichnen. Die Länge dieser Cylinder beträgt beim Menschen im Hintergrunde des Auges etwa 60 μ; sie ist etwas geringer in den Randpartieen der Retina und nimmt an der *Ora serrata* bis zu 40 μ ab. Die Dicke der Stäbchen ist im Mittel etwa 2 μ (M. Schultze); sie scheint jedoch nicht überall gleich zu sein. Welcker (87) bestimmte dieselbe bei einem Hingerichteten zu 1,75, H. Müller (60) zu 1,5 — 1,8 μ.

Die längsten Stäbchen besitzen die Fische: H. Müller mass beim Barsch die Dicke der Stäbchenschicht plus Pigmentepithel zu 100—140 μ, beim Hai die Länge der Stäbchen zu 74 μ. Die dicksten Stäbchen finden sich bei den Amphibien (Frosch, Salamander, Triton); beim

Frosch sind sie 6—7 μ dick; bei den Fischen im Durchschnitt 2,5 μ, bei der Taube 2,6—3,2 μ. Die feinsten besitzt die Ratte. M. SCHULTZE (109) fand sie nur 1 μ dick.

Die cylindrische Form ist zwar in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Regel; doch kommen davon Ausnahmen vor; dieselben betreffen vorzugsweise die Stäbchen der Amphibien. Die Abweichungen bestehen einmal darin, dass die äusseren Hälften der Stäbchen nach aussen eine leichte conische Verjüngung zeigen, sodann darin, dass die Querschnitte von der Kreisform sich entfernen, unregelmässig ausgezackt oder selbst halbmondförmig erscheinen. Beides findet sich bei den Tritonen, letzteres auch noch bei Sygnathus (M. SCHULTZE) (150).

Jedes Stäbchen besteht aus zwei chemisch und physikalisch durchaus verschiedenen Elementen, einer das Licht stark brechenden äusseren und einer gewöhnlich fein granulirt erscheinenden inneren Abtheilung (H. MÜLLER) (60). Seit W. KRAUSE (77) werden dieselben als Aussenglied und Innenglied bezeichnet. Diese Trennung ist schon im ganz frischen Zustande zu erkennen (KRAUSE, M. SCHULTZE), wird aber später deutlicher. Im frischen Zustande werden beide durch eine scharfe quere Linie getrennt, welche bei eintretender Quellung doppelt werden kann, indem das Aussenglied vom Innenglied abgehoben wird (s. unten). Besonders deutlich werden die beiden Abtheilungen der Stäbchen nach Anwendung färbender Mittel. Durch ammoniakalische Carminlösung wird nur das Innenglied roth gefärbt, das Aussenglied bleibt farblos (BRAUN) (70); analoge Erscheinungen nimmt man nach Behandlung der Stäbchen mit Jodlösungen wahr; auch hier wird das Aussenglied so gut wie gar nicht gefärbt. Einen umgekehrten Farbeneffect gibt die Ueberosmiumsäure auf Froschstäbchen applicirt. Es färben sich nun die Aussenglieder schwarz wie Nervenmark, während die Innenglieder sich nur bräunen (M. SCHULTZE und RUDNEW (105)). Bei den andern Thieren tritt jedoch diese Farbendifferenz nicht ein, indem hier auch die Aussenglieder nur braun gefärbt werden. Endlich gewährt die Untersuchung im polarisirten Licht Anlass genug zur Trennung beider Abtheilungen (VALENTIN [1]), M. SCHULTZE). Die Aussenglieder zeigen sich doppeltbrechend und zwar positiv; ihre optische Axe liegt in der Längsrichtung des Stäbchens. An den Innengliedern dagegen ist keine Spur einer Doppelbrechung wahrzunehmen.

Betrachten wir zunächst das Aussenglied, das mit wenigen Ausnahmen (s. oben) am getreusten die cylindrische Form bewahrt, nur dass, wie ich sowohl beim Frosch, wie bei Säugethieren (Schwein) finde, (vergl. HENSEN (124) und BOLL (154)) sein äusseres Ende nicht quer abgeschnitten ist, sondern einen flacheren oder gewölbteren kuppelförmigen Aufsatz besitzt (s. Fig. 33). Derselbe trennt sich schon an ganz frischen Präparaten leicht von dem Aussenglied, oft noch bevor eine Spur von anderweitigen Veränderungen an demselben wahrzunehmen ist. Sehr leicht gelingt es, dies kuppelförmige Ende zur Anschauung zu bringen durch 24stündige Behandlung der Retina mit concentrirter Salzsäure. Nach dem Auswaschen mit Wasser zeigen sich die Aussenglieder vorzüglich gut erhalten und wenigstens bei den genannten Thieren mit Kuppeln versehen. H. MÜLLER (60) gedenkt ähnlicher Formationsverhältnisse beim Frosch und will auch für andere Thiere die Möglichkeit, »dass das äusserste im Pigment verborgene Ende des Stäbchens etwas zugerundet oder zugespitzt sei«, nicht in

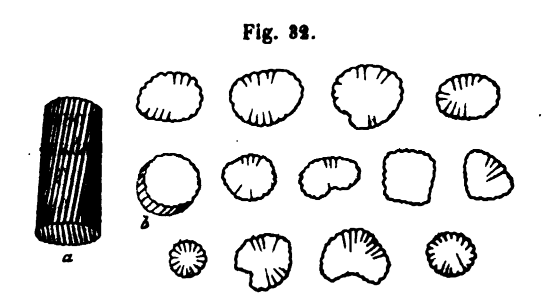
---

[1]) Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe in polarisirtem Lichte. Leipzig 1861. S. 302.

Abrede stellen. Mit Recht bekämpft er aber HANNOVER's (24) Meinung, dass die äusseren Enden der Stäbchen in lange Spitzen auslaufen; er weist nach, dass HANNOVER damit die inneren Enden der Stäbchen gemeint, die er fälschlich auf die äussere Seite verlegte.

Im ganz frischen Zustande erscheinen die Aussenglieder des Menschen und der Wirbelthiere bei mittleren Vergrösserungen vollkommen homogen und stark glänzend. Untersucht man sie aber mit Hülfe starker Objective, so wird eine feine Längsstreifung an ihnen deutlich. Am leichtesten ist dieselbe an den grossen dicken Aussengliedern der Frosch-Stäbchen zu sehn, schwieriger an den viel kleineren der Säugethiere, sie fehlt aber nirgends. Die Bedeutung derselben hat zuerst HENSEN (124) beim Frosch erkannt. Es steht zunächst fest, dass die Längsstreifung nicht etwa mit einer Differenzirung des Stäbchen-Inneren in Beziehung zu bringen ist, sondern lediglich der Oberfläche angehört. (Vergleiche hierüber auch MERKEL (144) und LANDOLT's (145) gegentheilige Angaben.) Auf Querschnitten der Aussenglieder, wie man deren leicht beim Zerzupfen der Stäbchen in *Humor vitreus* an abgesprengten Plättchen erhält, nimmt man wahr, dass der Rand der Plättchen fein ausgezackt ist (Fig. 32), und dass somit die Längsstreifung auf einer Cannelirung der Oberfläche beruht. Es wechseln also auf der Oberfläche der Aussenglieder Längsleisten mit Längsfurchen ab. Da ferner die unmittelbar unter den Leisten gelegenen Abschnitte sich optisch anders verhalten, wie der grössere übrige Theil des Querschnitts, so kann man dieses Verhalten mit HENSEN (124) auch so ausdrücken, dass man sagt, es seien auf der Oberfläche jedes Aussengliedes eine Anzahl von Fasern innig befestigt; man muss sich nur dabei daran erinnern, dass die Substanz dieser Fasern gegen die Substanz des Aussengliedes nicht scharf abgegrenzt ist. M. SCHULTZE (139) und HENSEN zeichnen die Leisten abgerundet; ich sah sie sehr häufig beim Frosch zugeschärft. Es ist endlich zu bemerken, dass dieselben nicht immer genau parallel der Längsaxe des Stäbchens verlaufen; häufig sind sie unter einem sehr spitzen Winkel gegen dieselbe geneigt, verlaufen also auf der Oberfläche in äusserst langgezogener Spirale. Dies ist an den Stäbchen vom Frosch und Triton besonders deutlich zu sehn (Fig. 32 *a*).

Fig. 32.

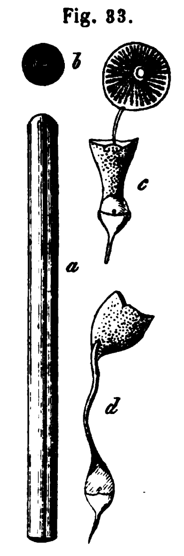


a Stäbchenaussenglied von Triton frisch in Serum, *b* dünne Scheibe eines solchen nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure (2 pc.) abgebrochen, etwas von der Seite gesehen. Die übrigen Figuren stellen sämmtlich eben solche und noch dünnere Scheibchen dar, von der Fläche gesehen, von verschieden dicken Aussengliedern abgesprengt. Vergr. 1000. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Figur 354.)

Das Bild, welches die Stäbchen im absolut frischen Zustande gewähren, erhält sich nicht lange, selbst dann nicht, wenn man die Retina im *Humor vitreus* oder Serum untersucht. Es stellen sich bald, so z. B. nach Behandlung mit Wasser eine Reihe von Veränderungen ein, die für das Verständniss des feineren Aufbaues der Aussenglieder von der grössten Bedeutung sind. Das End-

resultat dieser Veränderungen, die ich alsbald näher beschreiben werde, ist meist die Bildung eigenthümlicher Tropfen, die entweder ganz homogen erscheinen, oder aus glänzender narbiger Rinde und blassem Centrum bestehn. Gewöhnlich hängen diese Tropfen noch durch einen dünnen Stiel mit dem Innenglied, resp. dem Stäbchenfaden zusammen, können sich aber auch ganz loslösen. Sie bilden sich leicht nach Behandlung der Netzhaut mit dünnen Lösungen von Chromsäure oder *Kali bichromicum*. Eigenthümlich spindelförmige Umwandlungen treten an den grossen Aussengliedern der Froschstäbchen nach der Einwirkung dünner Ueberosmiumsäure-Lösungen ein (Hensen), während stärkere Lösungen dieselben in ihrer Form conserviren. Die beschriebenen Tropfenbildungen erinnern sehr an analoge Veränderungen der Myelinscheide von Nervenfasern nach Behandlung mit Wasser. Es sprechen überhaupt verschiedene Thatsachen für die Verwandtschaft der Substanz der Aussenglieder mit Nervenmark: die starke Lichtbrechung, die Unempfänglichkeit für Carmintinction etc., wozu bei den Stäbchen des Frosches noch die Schwarzfärbung durch Ueberosmiumsäure kommen würde. Identisch ist freilich die Substanz der Aussenglieder mit dem Nervenmark nicht, dies steht ihr nur am nächsten von allen anderen Bestandtheilen des Thierkörpers.

Fig. 33.



a und *b* Stäbchen der Fledermaus bei 1200-maliger Vergrösserung (nach Hensen (124) Figur 4 *A* u. *B*). *a* Längsansicht, *b* optischer Querschnitt. In beiden der Axenstrang (in *a* durch Versehen beim Holzschnitt nicht genau axial gezeichnet). *c* und *d* Stäbchen des Frosches nach Behandlung mit dünner Chromsäure. Ritter'sche Fasern (nach Manz (76) Fig. 8 u. 10).

Die eigenthümlichen Fäden, welche man bei der beschriebenen Tropfenbildung beobachtet (Fig. 33), sind von einigen Forschern nach dem Vorgange von Ritter (68) als Beweis für die Existenz einer Axenfaser im Aussengliede der Stäbchen verwerthet worden (Manz (76), Schiess (86)). Durch diese »Ritter'sche Faser« würde dann die Analogie im Bau der Aussenglieder mit dem einer markhaltigen Nervenfaser eine vollständige sein; die Ritter'sche Faser würde den Axencylinder darstellen. Die genannten Forscher erklärten demnach jene Fadenbildungen so, dass sich nach Anwendung von dünnen Chromsäurelösungen etc. die myelinähnliche Hülle unter Tropfenbildung zurückziehe und nur noch das periphere Ende derselben umfasst halte. Allein, wie M. Schultze (116) gezeigt hat, entstehn diese kugligen oder spindelförmigen Anschwellungen auf eine ganz andere Weise in Folge sehr eigenthümlicher Quellungserscheinungen (s. unten). Die langen Stiele aber, mittelst welcher jene Gebilde sich mit den äusseren Körnern verbinden, entstehen entweder, indem sich die klebrigen Innenglieder in feine Fäden ausziehn (Henle) (114) oder sie sind die unveränderten Innenglieder selbst (Fische). Unter die letztere Kategorie fallen auch viele der von Manz (76) gezeichneten Bilder vom Frosch; denn wir werden sehn, dass dieses Thier ausser den bekannten grossen Stäbchen noch zahlreiche andere mit fadenförmigem Innenglied, wie die Fische, besitzt.

Wenn nun aber auch die Bilder von Ritter, Manz und Schiess nicht geeignet sind, die Existenz einer Axenfaser in den Aussengliedern zu beweisen, so lassen sich doch manche andere gewichtige Gründe, wenn auch nicht für eine Axen-

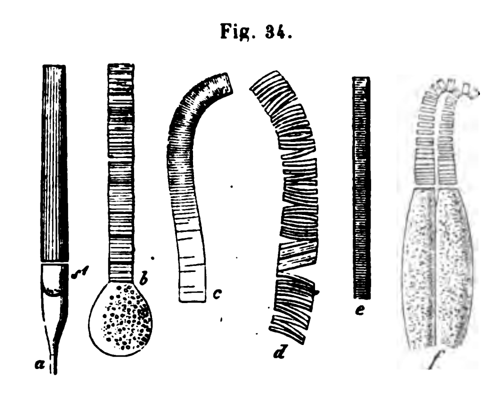
faser, so doch für die Existenz eines centralen optisch und chemisch differenten Stranges anführen. Maassgebend ist in dieser Beziehung die Untersuchung im frischen Zustande in *Humor vitreus*. Man muss sich dabei aber wohl hüten, gewisse Veränderungen, die auch bei der vorsichtigsten Behandlung häufig einige Zeit nach Anfertigung des Präparates eintreten, auf einen axialen Strang zurückzuführen; ich meine einzelne stärkere Längsstreifen, die nicht mit der feinen im frischen Zustande vorhandenen Längsstreifung verwechselt werden können. Erstere sind mehr oder weniger tief klaffende Spalten, die aber meist nur die peripheren Schichten des Stäbchens durchsetzen. Ihnen entsprechen auf Querschnitten von Osmiumsäure-Präparaten sehr gewöhnlich radiär in die abgesprengten Plättchen eindringende Risse, beides eine Zerklüftung parallel der Längsaxe andeutend. Von diesen Bildern wohl zu trennen sind die folgenden nur mit sehr starken Vergrösserungen zu erkennenden Texturverhältnisse der Aussenglieder. Wenn man bei einer vorsichtig aus einem absolut frischen Auge entfernten Netzhaut eines Säugethieres, die mit ihrer Aussenfläche nach oben auf dem Objectträger ausgebreitet ist, auf die äusseren Enden der Stäbchen einstellt, so bemerkt man einen dunklen Punct resp. Kreis im Centrum des Querschnittbildes (Fig. 33 *b* vergl. M. Schultze (109), Hensen (124)). Die Längsansicht der betreffenden Stäbchen zeigt dem entsprechend eine je nach der Einstellung helle oder dunkle Linie, oder ein schmales Band in der Axe des Aussengliedes (Fig. 33 *a*). Ich habe mich von diesen Thatsachen an abgelösten Aussengliedern des Ochsen und des Schaafes mit aller Bestimmtheit überzeugt. An dem in natürlicher Lage dem Innengliede ansitzenden Ende sieht man bei Einstellung auf die Axe eine Kerbe. Dieser Anfang des axialen Stranges, der den Eindruck eines mit Flüssigkeit erfüllten Canales macht, erscheint jederseits von einer wulstigen Lippe begrenzt, so dass hier jeder Zweifel über die Deutung des Streifens schwinden muss. An den frischen Stäbchen des Frosches eine gleich scharfe Linie wahrzunehmen, ist mir nicht gelungen, jedoch sprechen auch hier verschiedene Bilder für die Existenz einer chemisch differenten Axensubstanz. Schon H. Müller (60) sah an erhärteten Froschstäbchen sehr häufig in der Längsaxe einen Streifen dunkler, krümeliger Masse, »wie wenn dort eine Art Gerinnung oder Zersetzung statt gefunden hätte« (vergleiche auch Lehmann (59) S. 45). Aehnliches bildete früher Hannover (24) von einem Fischstäbchen ab. An Serum-Präparaten erscheint dem entsprechend nicht selten ein heller axialer Streifen, von dem feine quere Risse in die Mantelsubstanz ausgehn. Auch Querschnittsbilder mit verdünnter Ueberosmiumsäure behandelter Stäbchen zeigen eine Differenzirung in Rinden- und Axensubstanz (Hensen) (124). Die betreffenden Aussenglieder sind aber dann bereits in ihrer Form sehr verändert, spindelförmig geworden. Man muss deshalb in der Deutung eines von Hensen beschriebenen Bildes sehr vorsichtig sein. Dieser Forscher sah bei der Einstellung auf die verschiedenen Querschnittsebenen in der Axe der erwähnten Aussenglieder drei feine Puncte, die er für Fäserchen-Querschnitte hält und der Axenfaser der Säugethiere vergleicht. Im frischen Zustande kann man jedoch nie etwas davon wahrnehmen. Ebenso wenig gelingt dies an Querscheiben von Stäbchen des Frosches und Triton aus 1—2 procentiger Ueberosmiumsäure. Dieselben zeigen, abgesehn von den oben schon erwähnten radiären Streifen, eine vollkommen homogene Fläche (M. Schultze) (139). Doch ist zu bemerken, dass die entsprechenden Plättchen

von Säugethieren (Meerschweinchen) ebenfalls homogen erscheinen, was möglichenfalls darauf beruht, dass durch die Ueberosmiumsäure das Lichtbrechungsvermögen der axialen und peripheren Partieen nahezu das gleiche wird.

Krause's (132) Einwände gegen die oben gegebene Deutung der centralen Linien resp. Puncte in den Aussengliedern der Säugethiere sind nicht stichhaltig, wie Hensen (133) gezeigt hat. Krause hält die centralen Puncte für »eine optische Erscheinung, ein Bild des Spiegels unter dem Mikroscop«. Die oben gegebene Beschreibung der axialen Streifen schliesst eine solche Deutung von vornherein aus.

Eine der gewöhnlichsten Erscheinungen an den Aussengliedern der Stäbchen, die man in jedem mit Hülfe von Serum oder *Humor vitreus* hergestellten Präparate so zu sagen spontan an sehr vielen Stäbchen eintreten sieht, ist ein Zerfall senkrecht zur Längsaxe, eine Trennung des Aussengliedes in eine Anzahl von Plättchen (Fig. 34). Die Plättchen bleiben entweder noch überall im losen Zusammenhange, in welchem Falle das Aussenglied deutlich quergestreift erscheint, oder sie heben sich an einer Seite von einander ab, oder sie trennen sich vollständig und schwimmen dann isolirt im Präparate herum. Durch Verdünnung des Serums mit Wasser kann man die Plättchenbildung beschleunigen, das Phänomen deutlicher machen; eine Grössenzunahme des Aussengliedes in der Längsrichtung ist dabei die Regel. Hirtenstabförmige Verbiegungen und Knickungen treten sehr gewöhnlich ein; schliesslich nimmt man als Endresultat dieser eigenthümlichen Veränderungen nur noch helle myelinähnliche Tropfen wahr (M. Schultze (116); vergl. oben). M. Schultze hat nachgewiesen, dass diesem zuerst von Hannover beschriebenen Plättchenzerfall eigenthümliche Quellungserscheinungen zu Grunde liegen. Man hat sich ein jedes Aussenglied zusammengesetzt zu denken aus einer Anzahl kreisförmiger Platten von geringer Dicke, die mit ihren Kreisflächen auf einander gelegt sind und in dieser Lage durch eine geringe Menge quellungsfähiger Kittsubstanz fixirt werden. Bei Einwirkung quellender Agentien wird letztere an Volum zunehmen und die gar nicht oder nur schwer quellenden Platten von einander entfernen. Es müssen dann natürlich zuerst deutliche Querlinien und bei weiterer Einwirkung die oben beschriebenen Erscheinungen auftreten. Wie M. Schultze (150) ferner zeigte, sind die queren Linien auch an ganz frischen Aussengliedern, noch besser nach Conservirung in 1—2procentiger Ueberosmiumsäure, allerdings nur bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen und der schiefen Beleuchtung, wahrzu-

Fig. 34.



Aussenglieder von Stäbchen und Zapfen. *a—d* Stäbchen vom Frosch, *e* Mensch, *f* Doppelzapfen eines Fisches (Perca). *a* frisch in Verbindung mit dem Innengliede (*a*¹ der linsenförmige Körper), *b* erstes Stadium der Quellung in Serum, *c* desgleichen in dünner Kalilauge. Vergr. 500. *d* Plättchenzerfall in Serum. Vergr. 1000. *e* bei schiefem Lichte nach 24stündiger Conservirung in starker Ueberosmiumsäure des sofort nach der Enucleation geöffneten menschlichen Auges. Vergr. 1000. *f* in Serum frisch. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. S. 999. Fig. 353.)

nehmen. Sie erscheinen dann an den Aussengliedern des Menschen und der Säugethiere »haarscharf, wie in Kupfer gestochen« und von der ausserordentlichen Feinheit der Linien der *Nitschia sigmoides*. Der Abstand der einzelnen Querlinien von einander scheint kaum zu variiren und demgemäss die Dicke der einzelnen Plättchen innerhalb eines Aussenglieds überall dieselbe zu sein (vergl. dagegen Krause's Angaben (132) S. 25). Nach den Messungen von M. Schultze und Zenker (117) beträgt dieselbe beim Frosch 0,5 — 0,6 μ, bei Triton 0,55 — 0,6 μ, bei der Taube 0,62, beim Huhn 0,65, beim Meerschweinchen 0,87 μ. Diese Resultate wurden theils durch directe Messung gewonnen, theils dadurch, dass man die Länge des Aussengliedes durch die Anzahl seiner Plättchen dividirte. Letztere ist bei den einzelnen Gattungen eine sehr verschiedene. So zählte M. Schultze z. B. beim Meerschweinchen nur 16, beim Frosch dagegen 33 Plättchen. Da die Dicke der einzelnen Plättchen bei den verschiedensten Thieren nur innerhalb geringer Grenzen variirt, wird selbstverständlich die Zahl der Plättchen mit der Länge des Aussengliedes zunehmen müssen.

Die lamellöse Textur der Stäbchen-Aussenglieder ist von M. Schultze nicht allein in allen Klassen der Wirbelthiere nachgewiesen, sondern auch bei Wirbellosen mit ähnlichen stäbchenförmigen Gebilden aufgefunden worden. Die stäbchenartigen Pallisaden des Auges der Cephalopoden und Heteropoden zeigen die Plättchenstructur in ähnlicher Weise, wie die Sehstäbe der Arthropoden. In beiden Thierkreisen beträgt die Dicke der Plättchen etwa 0,5 μ, weicht also nicht wesentlich von den bei den Wirbelthieren gefundenen Werthen ab.

Wenn man auf frisch in Serum isolirte Stäbchen langsam dünne Essigsäure einwirken lässt, so wird ebenfalls die Querstreifung sehr deutlich, aber ohne wesentliche Verlängerung des Aussengliedes. Es nehmen nämlich in diesem Falle die Plättchen durch Schrumpfung ein wenig an Dicke ab; sie müssen sich also dem entsprechend etwas von einander entfernen und somit deutlicher werden.

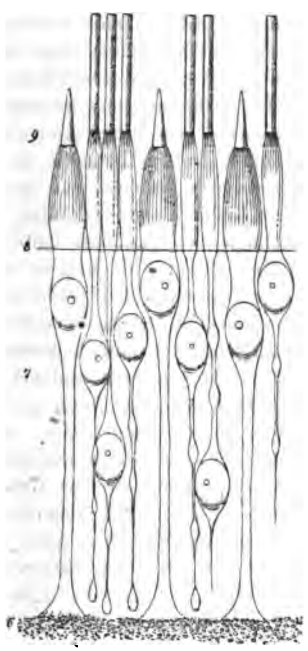
Höchst eigenthümliche Erscheinungen rufen sehr verdünnte Kalilösungen an den Aussengliedern der Stäbchen hervor. In den ersten Momenten der Einwirkung wird die Querstreifung deutlicher; dann erscheinen unter bedeutender Verlängerung die Aussenglieder wieder homogen; die Verlängerung nimmt zu und gleichzeitig treten Schlängelungen auf (Fig. 34 c). Diese Streckung des Aussengliedes in der Längsrichtung kann das Zehnfache der natürlichen Länge betragen, während dabei die Breite eher abnimmt. Schliesslich gehen sie unter Bildung blasser Kügelchen zu Grunde.

Der Zerfall in Plättchen tritt nicht in der ganzen Ausdehnung der Aussenglieder gleich schnell ein. Meist erhalten sich die dem Innenglied benachbarten Theile länger resistent gegen die quellungserregenden Agentien; sie erscheinen noch homogen, wenn die äusseren Partieen bereits in Plättchen zerbröckelt sind. Dies ist beim Triton (Merkel) (144) und Frosch leicht zu constatiren. Es scheinen also diese Theile des Aussengliedes einen besonderen Schutz gegen die von aussen einwirkenden Reagentien zu besitzen und denselben finde ich mit Merkel (144) in einer zarten vom Innenglied herübergreifenden Hülle, die den äusseren Partieen des Aussengliedes fehlt (vergl. Fig. 36, 3 *a* und *b*). Es wird von diesen Stäbchenhüllen unten im Zusammenhange die Rede sein.

Die Innenglieder der Stäbchen erscheinen im ganz frischen Zustande blass und nahezu homogen oder äusserst feinkörnig. Die feinkörnige Trübung nimmt beim längeren Liegen des Präparates zu und scheint auf einer Gerinnung zu beruhen. Sehr verschieden sind die Formen der Innenglieder in den ein-

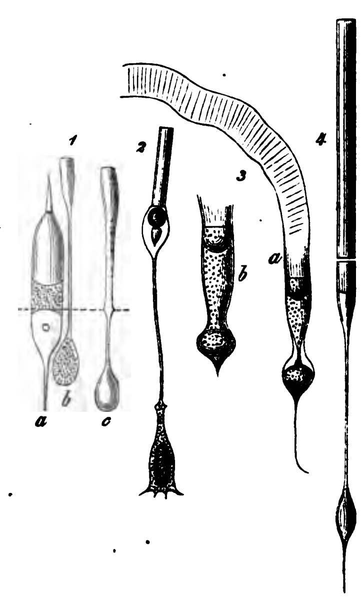
zelnen Wirbelthierklassen. Zwar ist die cylindrische Gestalt überall die Grundform; es treten aber Modificationen insofern ein, als die Innenglieder entweder ein wenig breiter, oder schmaler sein können wie die Aussenglieder. Man kann hienach die Innenglieder in drei Abtheilungen bringen. Die erste, welche die Innenglieder der Säugethiere und des Menschen begreift, ist dadurch ausgezeichnet, dass dieselben lange Cylinder darstellen, deren Länge der des Aussenglieds gleichkommt oder sie übertrifft (s. unten). Beim Menschen zeigen diese Cylinder eine leicht bauchige Gestalt (Fig. 35) und sind dann ein wenig breiter, wie die Aussenglieder. Bei einigen Säugethieren ist nur das dem Aussen-

Fig. 35.



Vom Hintergrunde der menschlichen Netzhaut. 6 äussere granulirte Schicht; 7 äussere Körnerschicht; 8 Limitans externa; 9 Stäbchen und Zapfen. Vergrösserung 800. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Fig. 351. S. 996.)

Fig. 36.



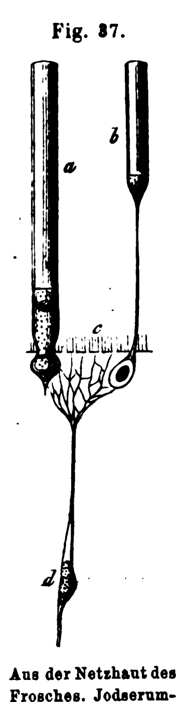
Verschiedene Formen der Stäbchen-Innenglieder. 1 vom Schwein. *a* Zapfen mit Ellipsoid, *b* und *c* Stäbchen-Innenglieder mit ihren äusseren Körnern. 2 vom Huhn. 3 vom Frosch. *a* mit gequollenem Aussenglied; in *b* ist nur die basale Hülle des Aussenglieds erhalten. 4 vom Hecht.

gliede benachbarte Stück leicht aufgetrieben und geht ganz allmählich in das lange cylindrische innere Stück über (Fig. 36, 1 *c* vom Schwein). Dies gilt für die Stäbchen, welche Stäbchen zu Nachbarn haben. Wo dagegen ein Stäbchen-Innenglied einem Zapfen anliegt (Fig. 36, 1 *b*) verschmälert sich dieser Theil zu einem feinen Faden; es schmiegt sich das Stäbchen gleichsam den Formen des Zapfens an. — Die zweite Abtheilung lässt ausschliesslich fadenförmige Innenglieder erkennen, welche mit einer dem Aussengliede an Dicke gleichkommenden kegelförmigen Anschwellung an letzteres grenzen (Fig. 36, 2 und 4). Dies

ist bei den Fischen und Vögeln der Fall. Bei den Fischen ist der Uebergang des Kegels in den Faden ein plötzlicher, bei den Vögeln ein allmählicher. Bei den Amphibien (Frosch, Salamander, Triton) findet sich eine dritte Art von Innencylindern, die sich durch ihre Kürze auszeichnen, während ihre Dicke mit der des Aussengliedes übereinstimmt (Fig. 36, 3).

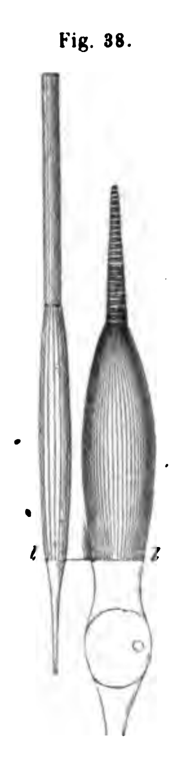
Wie wir unten sehen werden, hängt jedes Stäbchen-Innenglied mit einem äusseren Kern continuirlich zusammen; es muss dabei die *Limitans externa* durchsetzen und ist an dieser Stelle sehr häufig jederseits durch einen spitzen Vorsprung markirt (Fig. 36, 1 c, 2), der als das Durchschnittsbild eines ringförmigen in der Ebene der *Limitans externa* gelegenen Saumes aufzufassen ist. Ich fand denselben bei Säugethieren (Schwein) und Vögeln (Huhn, Taube), während er den Stäbchen der niederen Wirbelthiere zu fehlen scheint.

Fig. 37.



Aus der Netzhaut des Frosches. Jodserumpräparat. *a* die grosse Art der Stäbchen mit kurzem cylindrischem Innenglied; *b* die kleine Art mit fadenförmigem Innenglied. *c* Limitans externa u. Faserkörbe. *d* Radialfaser mit Kern. Zeiss F. Ocul. 2.

Fig. 38.



Stäbchen und Zapfen vom Menschen nach Conservirung in Ueberosmiumsäure von 2 pc. Längsstreifung d. Innenglieder. *l* Limitans externa. Vergr. 1000. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Fig. 355. S. 1002.)

Sehr merkwürdige bisher noch nicht beschriebene Formverhältnisse zeigt die Stäbchenschicht des Frosches. Es finden sich hier nämlich zwei durchaus verschiedene Arten von Stäbchen. Die einen sind die bisher allein bekannten grossen Elemente, die mittelst kurzer gedrungener Innenglieder unmittelbar mit äusseren Körnern sich verbinden. Die anderen zeichnen sich zunächst dadurch aus, dass ihre Aussenglieder nur halb so lang sind wie die der ersterwähnten, ohne dass ihre Breite eine merklich geringere wäre (34,4 μ lang, 6,125 μ breit, während die Aussenglieder der ersten Art 68,8 μ lang und 6,1 μ breit sind), — sodann aber durch eine gänzlich abweichende Form des Innengliedes: es gleicht genau dem der Fische, besitzt also eine kegelförmige Anschwellung an der Grenze des Aussengliedes und ist sonst fadenförmig (Fig. 37). Diese Art der Stäbchen hatte offenbar Manz (76) vor sich, als er zur Erläuterung der Ritter'schen Faser (s. oben) die Figuren 3, 10 und 11 seiner Abhandlung über die Netzhaut des Frosches zeichnete, ebenso Ritter (68) in seinen Figuren 24, 25 und 26.

Auch an den Innengliedern der Stäbchen nimmt man (nach Isolation durch Ueberosmiumsäure oder Jodserum) eine Längsstreifung wahr (Fig. 38). Dieselbe ist aber nicht auf Leisten der Oberfläche zurückzuführen, sondern ganz anderer Natur. Sie kann sich über die ganze Länge des Innengliedes erstrecken oder auch nur das untere Drittheil oder die Hälfte desselben auszeichnen. In letzterem Falle lässt sie sich mit aller Sicherheit auf die Anwesenheit feiner Fasern zurückführen, die von der *Limitans externa* ihren Ursprung nehmen

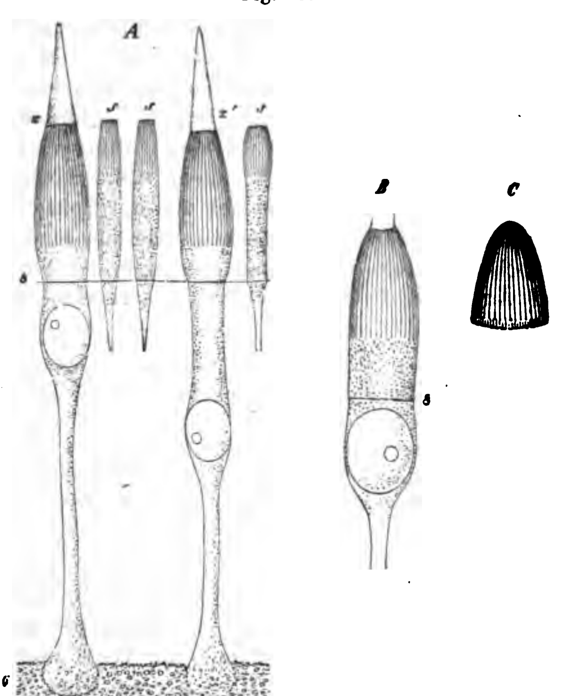
und im Kranze die Innenglieder umgeben, deren Oberfläche dicht anliegend. Beim Isoliren der Stäbchen ragen sie dann wie ein Wald von Härchen über die *Limitans externa* hervor (Fig. 37 *c*). Sie sind von KRAUSE (132) als »Nadeln«, von M. SCHULTZE (150, 151) als Faserkörbe bezeichnet worden und stellen, wie wir unten sehen werden, die letzten Ausläufer der Radialfasern dar. Nach MERKEL (144) sind sie weiter nichts wie Falten glasheller die Stäbchen umhüllender Scheiden, da man durch Färbung mit Anilinroth zwischen den Streifen zarte membranöse Verbindungsstücke sichtbar machen könne. Ich muss mich der M. Schultze'schen Auffassung anschliessen; es existiren hier isolirte Fäserchen; was MERKEL als Membranen beschreibt, sind durch Osmiumsäure erstarrte Kittsubstanzmassen. An Jodserum-Präparaten ist keine Spur davon wahrzunehmen. Wie weit sich aber die Faserkörbe nach aussen um das Innenglied erstrecken, ist schwer zu entscheiden. Ein Theil der weiteren Längsstreifung kommt, wenigstens beim Menschen auf Rechnung einer inneren Differenzirung des Innengliedes, des sogenannten Fadenapparates (s. unten). In anderen Fällen haben wir es wohl mit Bildungen zu thun, welche auf feine Fältelungen der Oberfläche des Innengliedes zurückzuführen sind. Fallen die Aussenglieder ab, so sieht man von der äusseren Grenze des Innenglieds noch einen Kranz feiner Härchen hervorstehn (Fig. 36, 3 *b*). Dieselben scheinen sich, wenigstens beim Frosch, unmittelbar aus der Rinde des Innenglieds zu entwickeln, so dass ich sie für different von den Härchen der Faserkörbe halten muss. Sie gehören vielmehr wahrscheinlich feinen glashellen Scheiden als Verdickungen an, welche sich von der Spitze des Innenglieds eine Strecke weit auf das Aussenglied fortsetzen. Gerade an Jodserum-Präparaten von Froschstäbchen hat man Gelegenheit, sich von der Unabhängigkeit des Faserkranzes der Aussenglied-Basis von den Faserkörben des Innenglieds zu überzeugen.

Nach MERKEL (144) soll beim Frosch die Längsstreifung des Innengliedes einfach eine Fortsetzung der Cannelirung des Aussengliedes sein. Die Furchen beider seien zur Aufnahme der hier bis zur *Limitans externa* reichenden Pigmentfranzen bestimmt, während bei Triton, wo die Pigmentfortsätze nur bis zur Grenze zwischen Aussen- und Innenglied sich erstrecken, auch die Längsstreifung nicht auf das Innenglied übergehe. Ich kann die Längsstreifung des Froschstäbchen-Innengliedes nur im Sinne von M. SCHULTZE erklären. Ueber die Frage nach einer Stäbchen und Zapfen umhüllenden Membran s. unten im Zusammenhange.

Der innere Bau der Innenglieder ist meist ein nicht minder complicirter, wie der der Aussenglieder. Bei den Fischen, Amphibien und Vögeln ist er durch das Vorkommen eigenthümlicher Körper an der Grenze des Aussengliedes ausgezeichnet, welche zuerst von KRAUSE (121, 122) in den Zapfen der Vögel gesehn und als Opticus-Ellipsoide bezeichnet wurden. M. SCHULTZE wies ihre grosse Verbreitung in den Stäbchen der Wirbelthiere nach und bezeichnete sie mit dem indifferenten Namen der linsenförmigen Körper. Am leichtesten sind sie beim Frosch zu sehn (Fig. 37), wo sie schon im frischen Zustande hervortreten, noch besser nach Maceration in Jodserum oder Ueberosmiumsäure. In letzterer bräunen sie sich etwas stärker wie der übrige Theil des Innenglieds. Besonders schön treten sie auch nach Behandlung mit Jod hervor. Es färbt sich dann der linsenförmige Körper dunkelgelb, während der übrige Theil der Innenglieder nur hellgelb gefärbt wird. An der Präexistenz dieser Gebilde ist nach Allem nicht zu zweifeln. Sie liegen mit einer planen Fläche unmittelbar dem

Aussengliede an, die ganze Breite des Innenglieds einnehmend, und ragen nach innen mit mehr oder weniger stark convexer Krümmung ins Innenglied hinein. Diesem Typus folgen beide Arten von Froschstäbchen und die Stäbchen der Fische. Bei den Vögeln (Huhn, Falke) zeigen sich die linsenförmigen Körper complicirter gebaut. An ein äusseres planconvexes oder an der Convexität abgestutztes Stück schliesst sich innen ein kleiner kegelförmiger Körper an, dessen Spitze nach innen gerichtet ist. Beim Huhn sah ich nach Maceration in Jodserum die äussere Abtheilung kugelig (Fig. 36, 2). Eine ähnliche Complication des Baues sollen nach M. Schultze (138, 150) die linsenförmigen Körper von Triton besitzen; jeder derselben soll nach Art einer achromatischen Linse in einen hinteren planconcaven und vorderen biconvexen Körper zerfallen, welch letzterer in die Concavität des ersteren eingefügt ist. Nach meinen Untersuchungen unterscheidet sich der obere planconcave Theil in nichts von der gewöhnlichen Substanz der Innenglieder, er färbt sich durch Jod gelb und wird durch den biconvexen vorderen Körper, der nach meinen Untersuchungen einen ovalen Umriss besitzt, vom übrigen Innengliede getrennt; der ovale Körper gleicht ganz dem unten zu beschreibenden Ovale aus den Zapfen der Vögel und Reptilien; er färbt sich durch Jod stets schön gelbroth, auch nach vorausgehender Behandlung mit Ueberosmiumsäure. In den Stäbchen der Säugethiere und des Menschen sind bisher keine linsenförmigen Körper beobachtet worden. Dagegen hat M. Schultze neuerdings in den Stäbchen und Zapfen des Menschen an derselben Stelle eine Einrichtung aufgefunden, die er als Fadenapparat bezeichnet (Fig. 39). Derselbe ist in den Zapfen beträchtlicher entwickelt, wie in den Innengliedern der Stäbchen und nimmt hier nur das

Fig. 39.



A Stäbcheninnenglieder *sss* und Zapfen *zz'* vom Menschen, letztere in Verbindung mit ihren Körnern u. Fasern. 6 äussere granulirte Schicht, 8 Limitans externa. Innenglieder mit Fadenapparat. Vergr. 800. *B* Zapfen-Innenglied mit Korn vom Menschen mit Fadenapparat, *C* der letztere isolirt. Vergr. 1200. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Fig. 356. S. 1003.)

äussere Drittheil ein, das ganze Innere desselben durchsetzend. Er besteht aus zahlreichen feinen glänzenden Fasern, welche in den oberflächlichen Schichten unter einander und der Längsaxe parallel verlaufen, in der Tiefe aber sich viel-

fach unter spitzem Winkel kreuzen. Sie werden besonders deutlich nach Behandlung ganz frischer Netzhäute mit Osmiumsäure von $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{8}$ pc. und lassen sich durch Druck isoliren. Ueber das äussere Dritttheil hinaus sind bei den Stäbchen keine dieser Fasern zu verfolgen, sie hören hier scharf abgeschnitten auf. Möglichenfalls stellen sie eine Modification der in den Stäbchen der übrigen Thiere vorkommenden linsenförmigen Körper dar; ich vermuthe, dass sich ähnliche Einrichtungen auch bei den Säugethieren finden werden. Es würde dann der linsenförmige Körper resp. Faserkorb ein allgemein vorkommendes Element des Stäbchens sein.

W. Krause (121) hatte seine Opticus-Ellipsoide früher für die Endigungen des Opticus erklärt, gestützt auf eine Beobachtung an den Zapfen der Vögel, wo nach gewissen Präparationsmethoden eine feine Faser in der Axe des Innengliedes wahrgenommen und scheinbar im Zusammenhange mit dem Ellipsoid gesehn wird. Ich werde bei der Besprechung der Zapfen auf diese Axenfaser des Innengliedes zurückkommen.

Aus der gegebenen Beschreibung des Innengliedes geht hervor, dass das Verhältniss seiner Länge zu der des Aussengliedes bei den einzelnen Thiergruppen sehr verschieden ist. Genaue Messungen liegen in dieser Beziehung nicht vor. Ich begnüge mich hier mit der Anführung einiger von H. Müller gegebenen Zahlen, die Grössenverhältnisse der Aussenglieder veranschaulichend. Beim Barsch fand derselbe die letzteren 40 — 50 μ lang, beim Frosch 22,8 μ, beim Meerschweinchen 14 μ, so dass also den Fischen die längsten Aussenglieder zukommen würden. Relativ sehr grosse Aussenglieder sind eine Eigenthümlichkeit der Nachtthiere (Maus, Igel etc. M. Schultze (109), Krause).

§ 22. Die Zapfen (Coni, cônes, bulbs).

Auch an den Zapfen unterscheidet man zwei optisch und chemisch sehr verschiedene Abtheilungen, eine äussere, das Aussenglied oder Zapfenstäbchen und eine innere, das Innenglied oder den Zapfenkörper. Dieselben gleichen in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften im Allgemeinen ganz den gleichbenannten Theilen der Stäbchen, besitzen aber bei den typischen Zapfen eine andere Gestalt, wie bei den Stäbchen. Während bei letzteren das Aussenglied cylindrisch ist, ist das der Zapfen constant conisch; die Innenglieder der letzteren oder die Zapfenkörper sind bauchig, bilden den hervortretendsten Bestandtheil der Zapfen, die Aussenglieder an Volum, Dicke und meist auch an Länge weit übertreffend. Sehr passend hat man die Gestalt eines ganzen Zapfens als flaschenförmig bezeichnet (H. Müller).

Einige Zahlenangaben werden die Form- und Grössenverhältnisse der Zapfen noch deutlicher machen. Beim Menschen beträgt die Länge des ganzen Zapfens nach H. Müller 32 bis 36 μ und davon kommen etwa zwei Dritttheile auf das Innenglied (15 — 25 μ lang nach Kölliker (127)); die grösste Breite der menschlichen Zapfenkörper beträgt 4,5 — 6,7 μ. Noch grössere Zapfen wie der Mensch und die Säugethiere besitzen die Fische. Bei der Taube fand H. Müller den Zapfenkörper 25—30 μ lang; die Aussenglieder variiren hier an Länge sehr, ebenso wie die Breite der Innenglieder, die zwischen 1 und 5 μ schwankt. Diese Grössen-Variationen scheinen in bestimmter Beziehung zu gewissen inneren

Organisationsverhältnissen der Zapfenkörper zu stehn (Dobrowolsky) (153), worüber unten Näheres. Sehr kleine Zapfen besitzt der Frosch; sie werden hier nur 20 μ lang bei einer Breite von 5 μ. In keinem Fall erreichen die äussersten Spitzen der Zapfen-Aussenglieder die Ebene der äusseren Stäbchenenden. Am weitesten nach aussen reichen die Zapfen der Fische, auch mancher Säugethiere, während bei anderen (z. B. Schwein) die Zapfen nur halb so lang sind wie die Stäbchen und beim Frosch gar nur den dritten Theil der Stäbchen-Länge erreichen. Ebensowenig liegt aber auch die Grenze zwischen Innenglied und Aussenglied bei Stäbchen und Zapfen in einer Ebene. Am ehesten ist dies noch bei den Vögeln der Fall. Bei Säugethieren (incl. Mensch) und Amphibien liegt die betreffende Grenzlinie der Zapfen nach innen von der der Stäbchen (Fig. 35); es sind also hier stets die Zapfenkörper kürzer, wie die Stäbchen-Innenglieder, bei einigen Säugethieren, z. B. beim Schwein (s. Fig. 36, 1) in sehr auffallender Weise, so dass hier sogar das Aussenglied nicht ganz die Grenzebene zwischen Innen- und Aussenglied der Stäbchen erreicht. Bei den Fischen scheinen dagegen umgekehrt die Innenglieder der Zapfen weiter nach aussen zu reichen, als die der Stäbchen.

Es wurde oben die Gestalt der Aussenglieder der Zapfen als conisch bezeichnet. Bei der grossen Vergänglichkeit derselben ist es indessen schwer, über die Länge dieser Kegel und die Art ihrer Zuspitzung ins Klare zu kommen. Nur selten erhält man sie vollständig unversehrt. In diesen Fällen scheint es zuweilen (H. Müller) (60), als wenn von ihrer Spitze »eine blasse Verlängerung sich bis gegen die äussere Grenze der Stäbchenschicht erstrecke, wie wenn eine zarte Hülle vorhanden wäre, aus welcher sich der Inhalt zurückgezogen hätte« (Mensch). Aehnliches beobachtete H. Müller beim Frosch. Für gewöhnlich erscheint das äussere Ende des Kegels quer abgestutzt, besonders deutlich bei den Vögeln, deren relativ lange Aussenglieder den Stäbchen-Aussengliedern von allen am ähnlichsten sehen (H. Müller). Nach Dobrowolsky (153) sind die Aussenglieder der Zapfen bei ein und demselben Vogel (Huhn) sehr verschieden: am längsten sind sie an den mit rothem »Oeltropfen« versehenen, am kürzesten an denen mit »blauer« Kugel (s. unten).

Die Substanz der Aussenglieder der Zapfen scheint der der Stäbchen-Aussenglieder sehr ähnlich zu sein. Sie zeigt deshalb analoge Zerklüftungserscheinungen, wie sie oben von den Stäbchen beschrieben sind. Fast noch leichter wie die Aussenglieder der Stäbchen zerfallen die der Zapfen in Plättchen und gilt hier ganz dasselbe, was oben ausführlich erörtert wurde. Jedoch zerstreuen sich diese Plättchen nicht so leicht, wie die der Stäbchen in der umgebenden Flüssigkeit; sie werden vielmehr durch eine äusserst zarte Hülle, welche das ganze Aussenglied umgibt, zusammengehalten (M. Schultze (139) Fig. 17), wovon man sich bei Fischen und Vögeln leicht überzeugen kann. Eine Fortsetzung dieser zarten Hülle ist offenbar jene oben erwähnte Verlängerung der Zapfenspitze zur äusseren Grenze der Stäbchenschicht.

Es ist hier der Ort, in kurzer übersichtlicher Weise die Frage nach einer die Stäbchen und Zapfen umgebenden Membran zu behandeln. Nach meinen Beobachtungen scheint mir soviel festzustehn, dass bei keinem Thiere dem Innengliede der Stäbchen und Zapfen eine distinkte Membran zukomme, wenn wir nicht die Faserkörbe als eine Art Membranbildung auffassen wollen, wogegen

ich mich schon oben aussprach. Diese Faserkörbe umgeben in gleicher Weise auch die Basen der Zapfenkörper und bestehen hier selbstverständlich aus zahlreicheren Fasern und sind leichter wahrzunehmen. Die Aussenglieder der Stäbchen werden dagegen bei allen von mir genauer untersuchten Formen (Amphibien, Vögel) mit ihrem dem Innengliede benachbarten Ende in eine kurze röhrenförmige Hülle aufgenommen, während der grössere Theil frei bleibt. Diese meist feinstreifige Hülle vermittelt den Zusammenhang zwischen Innen- und Aussenglied, sie ist eine directe Fortsetzung der Rindenschicht des Innengliedes, nicht der Faserkörbe. M. SCHULTZE constatirte dieselbe auch bei Säugethieren und beim Menschen. Die feinen Streifen scheinen nur Falten, nicht Fasern zu entsprechen. Die Aussenglieder der Zapfen werden, wie erwähnt, von einer ähnlichen glashellen Hülle, die viel seltener feingestreift erscheint, vollständig umgeben, die mit der Rindenschicht des Zapfenkörpers zusammenfliesst.

LANDOLT (145) beschreibt auch an den Aussengliedern der Stäbchen vom Frosch, Salamander und Triton eine vollständige Membran. MERKEL (144) hält dieselbe mit Recht für ein Kunstproduct, glaubt aber, dass den Stäbchen und Zapfen aller anderen Thiere eine sowohl Innen- als Aussenglied vollständig umhüllende Membran zukomme. An Jodserum-Präparaten ist aber dergleichen nie zu sehen.

Ebenso sind die von RITTER (68), SCHIESS (86) und Anderen durch dünne Chromsäurelösungen an den Stäbchen dargestellten membranartigen Bildungen nichts weiter wie Reste der Substanz des Aussengliedes.

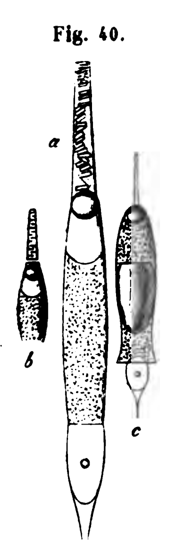
Es wurde oben die Aehnlichkeit der Stäbchen- und Zapfen-Aussenglieder in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften hervorgehoben. Es ist indessen zu bemerken, dass beide sich gegen manche Agentien sehr verschieden verhalten. So kann man durch Behandlung mit 10 procentiger Kochsalzlösung beim Frosch die Zapfen mit ihren Aussengliedern in der vollkommensten Weise isoliren; während die grossen Aussenglieder der Stäbchen in der betreffenden Lösung unter Quellung und Schlängelung zu Grunde gehn. Da dies auch nach längerer Behandlung mit den genannten Lösungen wahrzunehmen ist, so kann hier nicht die Membran der Zapfen-Aussenglieder als die Ursache ihrer grösseren Resistenz in Anspruch genommen werden; man muss vielmehr die Ursache in einer Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung erkennen.

Die I n n e n g l i e d e r der Zapfen oder die Z a p f e n k ö r p e r zeigen trotz ihrer meist sehr abweichenden Gestalt wieder viel Uebereinstimmung mit den Innengliedern der Stäbchen. Wie diese besitzen sie meist jederseits in der Ebene der *Limitans externa* einen Vorsprung, der als Durchschnittsbild eines ringförmigen Saumes zu deuten ist. Derselbe ist besonders an den Zapfen der Vögel (Huhn) und Reptilien nach Maceration in Jodserum deutlich (Fig. 40 *c*). In manchen Fällen ist hier sogar das Innenglied in der Höhe der Limitans wie scharf abgeschnitten und scheint die Stäbchenfaser sich aus der Mitte des Innenglieds zu entwickeln. An den Zapfen der Säugethiere sah ich nichts Aehnliches; dagegen bildet M. SCHULTZE (109) (Tafel XI) solche Vorsprünge von den Zapfen der Fische ab. H. MÜLLER gedenkt ihrer ausser bei der Taube und bei den Fischen auch beim Menschen.

An derselben Stelle wie bei den Stäbchen, besitzen auch die Zapfen-Innenglieder l i n s e n f ö r m i g e K ö r p e r, der grösseren Dicke der Zapfenkörper entsprechend auch von grösseren Dimensionen (Fig. 36, 1 *a*). Dieselben sind bisher

in allen Wirbelthierklassen und auch beim Menschen (Dobrowolsky) (153) gefunden worden. Nur manchen Reptilien (*Lacerta*, *Coluber natrix*) fehlen sie vollständig. Die grösste Ausdehnung erreichen sie in den Zapfenkörpern der Säugethiere und des Menschen; sie füllen hier oft die äusseren zwei Drittheile vollständig aus, eine mehr oder weniger convexe Fläche nach den inneren Schichten der Netzhaut hinwendend. An dieser Stelle trennt sich nicht selten der äussere Theil des Zapfens von seiner mit dem Zapfenkorn zusammenhängenden kleineren inneren Abtheilung (Kölliker) (127): die so isolirten Zapfen zeigen dann ein abgerundetes inneres Ende entsprechend der Convexität des mit dem Aussenglied zusammen isolirten Ellipsoids. Die Zapfen-Ellipsoide verhalten sich im Uebrigen genau so, wie die linsenförmigen Körper der Stäbchen. Ich hebe hier namentlich die dunkelgelbe Färbung durch Jod hervor. Diese Reaction unterscheidet sie nämlich scharf von einer anderen Art von Inhaltsgebilden der Zapfenkörper, die mit seltener Ausnahme nur da vorkommen, wo Ellipsoide fehlen, nämlich in den Zapfenkörpern der genannten Reptilien (Fig. 40 *c*) und je in einem der beiden einen Doppelzapfen des Vogels constituirenden Körpern. Sie liegen hier aber stets nahe der inneren Grenze des Innengliedes und ragen von da, also von der Höhe der *Limitans externa* aus mit convexer oder auch nahezu planer Fläche in den Zapfenkörper hinein, dessen innere zwei Drittheile vollständig ausfüllend. Was sie sehr wesentlich von den Ellipsoiden unterscheidet, ist, dass sie sich nach Jodzusatz nicht gelb oder braungelb, sondern schön orange bis weinroth färben. Die Jodreaction gibt namentlich bei *Lacerta* ein gutes Mittel in die Hand, sie ganz frisch, scharf zur Ansicht zu bringen. Stets erscheinen sie homogen; wo man ihr inneres Ende darstellen kann, zeigt sich dasselbe abgerundet, so dass das Ganze also eine ovale Gestalt hat. Wir können deshalb diese Art der linsenförmigen Körper zum Unterschied von den erst beschriebenen Ellipsoiden mit Merkel (144) als Ovale bezeichnen.

Fig. 40.



Zapfen-Ellipsoide u. Ovale. *a* Zapfen vom Falken mit farbiger Kugel und Ellipsoid (nach M. Schultze (139) Figur 17, Tafel XXII). *b* Zapfen vom Frosch mit farbiger Kugel und Ellipsoid (M. Schultze (116) Tafel XIII, Fig. 13 *a*). *c* Zapfen von Lacerta agilis mit farbiger Kugel u. Oval. Vergrösserung bei *a* etwa 1000, bei *b* u. *c* 500.

Nach Merkel (144) kommen in einigen Doppelzapfen des Huhns Ellipsoid und Oval auch in einem Innenglied vor. Dobrowolsky (153) glaubt sich überzeugt zu haben, dass bei demselben Thier die Krümmung der inneren Fläche des Ellipsoids eine besondere Beziehung zur Farbe des Oeltropfens habe. Bei den Zapfen mit rothen Tropfen ist nach ihm die Krümmung am stärksten, bei den sogenannten blauen am schwächsten, oft sogar leicht concav.

Von den Zapfenkörpern des Menschen hat M. Schultze an derselben Stelle, wo bei anderen Säugethieren (Macacus nach M. Schultze (116), Tafel XIII, Fig. 2, Schwein (150) Fig. 352) Ellipsoide vorkommen und in derselben Ausdehnung einen ähnlichen Fadenapparat beschrieben und abgebildet, wie den oben bei den Stäbchen erwähnten (Fig. 39). Da überdies Dobrowolsky (153) das Ellipsoid an derselben Stelle beim Menschen fand, so bin ich geneigt, den Fadenapparat für eine eigenthümliche Modification des Ellipsoids, sei sie nun präformirt oder erst durch Einwirkung der dünnen Ueberosmiumsäure-Lösungen

entstanden, zu halten. Dafür spricht vor Allem, dass die Fäden an der Stelle, wo sonst das Ellipsoid endigt, wie abgeschnitten aufhören. Wie die Zerklüftung in Fäden zu Stande komme, bleibt freilich noch unerklärt.

Mehr wie bei den Stäbchen hat man bei den Zapfen von der Existenz einer Axenfaser im Innengliede geredet und eine solche sogar mit dem Ellipsoid in Zusammenhang gebracht (Krause) (121). Im frischen Zustande hat dieselbe aber noch Niemand wahrgenommen, sondern immer erst nach Einwirkung von Osmiumsäure (Hensen (124), Hasse (115)), Müller'scher Lösung (Hasse), 3 procentiger Essigsäure (Krause) (132) oder Jodserum (M. Schultze (116) bei *Macacus cynomolgus* Tafel XIII, Fig. 2 *c*). Ich fand Andeutungen solcher Bilder an Jodserum-Präparaten der Zapfenkörper des Huhns. Es war aber nie eine glatte scharfbegrenzte Faser in der Axe des Innenglieds zu sehn, sondern nur ein dichterer axialer Strang, aus dem sich in der Höhe der *Limitans externa* unmittelbar die Verbindungsfaser mit dem Zapfenkorn entwickelte, während der peripherische Theil des Zapfenkörpers eine Art abstehender mantelartiger Hülle bildete. Eine isolirbare Faser habe ich demnach nie gesehen und kann nach Allem dem axialen Strange, der im frischen Zustande mit der Zapfenkörper-Rinde continuirlich zusammenhängt, nicht die Bedeutung einer terminalen Nervenfaser zuschreiben.

Beschrieben sind solche Axenfasern des Innenglieds bisher in den Stäbchen des Menschen (Krause (121), Hasse (115), Hensen (124)), Affen (M. Schultze (116)), Fledermaus (Hensen (124)), ferner in den Zapfen der Vögel (Krause (132)). Nach Krause beträgt ihr Durchmesser beim Menschen an Essigsäure-Präparaten 0,3 μ.

Die Zapfen der Vögel, Reptilien und Amphibien sind ausgezeichnet durch den Besitz eigenthümlicher farbloser oder gefärbter kugliger Gebilde im äusseren resp. hinteren Ende des Innenglieds, da wo diesem das Aussenglied aufsitzt (Fig. 40). Dieselben füllen die Spitze des Zapfenkörpers vollständig aus, so dass Lichtstrahlen nicht zum Aussengliede gelangen können, ohne dieselben zu durchsetzen, was natürlich nicht gleichgültig sein wird für den Gang und die Qualität der das Aussenglied treffenden Strahlen; denn es wird in ihnen eine Ablenkung und in den farbigen überdies eine Absorption bestimmter Lichtstrahlen stattfinden müssen (vergl. Talma (171)).

Es ist dieser Befund von zwei Forschern im entgegengesetzten Sinne zur Entscheidung der Frage nach den eigentlich percipirenden Elementen der Netzhaut verwerthet worden. Während Krause (132) von rein morphologischer Betrachtung ausgehend, die Unterbrechung der Continuität zwischen Innen- und Aussenglied durch die farbigen Kugeln als gegen die nervöse Natur der Aussenglieder sprechend hervorhebt, betont Hensen (124), dass die Existenz der farbigen Kugeln nur dann einen Sinn habe, wenn in den Aussencylindern die Farbenperception statt finde. Ich werde in der allgemeinen Uebersicht am Schluss dieses Aufsatzes auf diese Frage zurückkommen und hier nur noch bemerken, dass es Hensen schien, »als wenn durch den Pigmenttropfen ein Faden verliefe«, eine Beobachtung, die jedoch bisher von keinem anderen Forscher bestätigt ist.

Die Farbe der kugligen Gebilde ist eine verschiedene. Bei den Vögeln (Huhn, Taube) sind die rothen und gelben die verbreitetsten neben den fast allen genannten Thieren zukommenden farblosen. Dazwischen kommen alle möglichen

Nüancen vor, der Farbenscala des Spectrums zwischen roth und grün entsprechend. Orange Kugeln finden sich z. B. in der Retina von *Falco buteo.* Aber auch grüne Kugeln sind nicht so selten, wie man gewöhnlich annimmt. Der letztgenannte Vogel zeigt sie in sehr schöner Weise. Ebenso sind die angeblich farblosen Kugeln von *Anguis fragilis* blass grün gefärbt (s. auch Hulke (113)). Dagegen muss ich mich mit Bestimmtheit dahin äussern, dass blaue Kugeln (Krause (132), Dobrowolsky (153)) nicht vorkommen. Es fehlen überhaupt alle Farben, die dem violetten Ende des Spectrums angehören; durch die gefärbten Kugeln werden also nur Strahlen des rothen Endes gelangen, die chemisch wirksamen Strahlen aber absorbirt werden.

Rothe und gelbe Kugeln neben farblosen kommen bei den Vögeln sehr verbreitet vor (Huhn, Taube). Die rothen sind meist an der Peripherie der Netzhaut, die gelben im Centrum häufiger (Dobrowolsky (153)). Von den Reptilien besitzen die Schildkröten ausser einzelnen farblosen rothe, orange und gelbe Kugeln, *Lacerta agilis* dagegen grössere und kleinere gelbe, während *Coluber natrix* solche Kugeln überhaupt zu fehlen scheinen (Leydig (44), Hulke (113)). Die entsprechenden Gebilde der ausserordentlich kleinen Frosch-Zapfen sind entweder farblos oder hellgelb. Während allen anderen Fischen »Oelkugeln« fehlen, finden sie sich als farblose Gebilde beim Stör (Leydig, M. Schultze (163)).

Alle farbigen Kugeln bestehen ähnlich den Chlorophyllkörnern aus zwei Substanzen, einer eigenthümlichen stark lichtbrechenden Grundlage, die in den farblosen isolirt vorliegt, und aus einem dieselbe imprägnirenden Farbstoff. Welcher Natur die Grundlage ist, ist noch nicht genügend bekannt. Da sie durch Ueberosmiumsäure schwarz gefärbt wird und in Aether löslich ist, hat man sie für Fett erklärt. Sie ist jedenfalls weicher Natur, kann durch Druck auf das Deckgläschen in die mannichfachsten Formen gebracht werden. Die verschiedenen Farbstoffe zeigen eine höchst auffallende Reaction. Auf Jodzusatz färben sich sowohl die rothen wie die gelben Kugeln (Huhn, Taube, Eidechse) schön blau, die rothen fast blauschwarz, die gelben erst grün, dann blaugrün und schliesslich rein blau. Die farblosen Kugeln zeigen diese Reaction nicht; wo an ihnen eine mattgrüne oder bläuliche Färbung wahrzunehmen ist, kann man auf Spuren von Farbstoff schliessen (vergl. auch Hulke (113)).

Die farblosen sowohl, wie die farbigen Kugeln zeigen oft Andeutung einer Schichtung. So fand ich in den grösseren farblosen des Huhns einen hellen centralen Fleck; etwas Aehnliches beschreibt M. Schultze (163) beim Stör. Beim Falken fand ich zahlreiche rein hellgrüne und rubinrothe Kugeln neben scheinbar orangefarbenen. Es zeigten sich letztere aber immer aus centralem roth gefärbtem Kern und hellgrüner Rinde zusammengesetzt, die in ihrer Ausdehnung sehr variiren konnten. Dies eigenthümliche Verhalten spricht dafür, dass der Farbstoff nicht nur auf die Oberfläche beschränkt, sondern durch die ganze Kugel vertheilt ist.

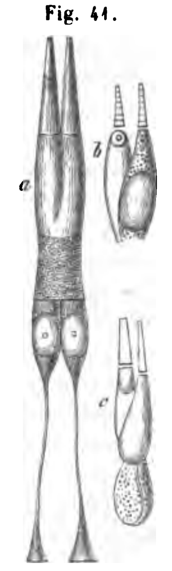
Dobrowolsky (153) fand Verschiedenheiten der Breite der Zapfen eines und desselben Thieres und der Länge ihrer Aussenglieder je nach der Farbe der Oelkugel. Den Zapfen mit rothen Tropfen schreibt er die geringste Breite und die längsten Aussenglieder neben relativ kurzen Innengliedern zu. Gerade umgekehrt sollen sich die sogenannten blauen (wohl die farblosen anderer Forscher) verhalten. Jedenfalls variirt der Durchmesser der Zapfenkörper bei den Vögeln sehr (s. oben).

Neben den Zapfen mit farbigen Kugeln trifft man in der Retina mancher Vögel und Reptilien andere, welche ausser der gefärbten Kugel noch diffuses Pigment enthalten von derselben Farbe wie die Kugel. So finden sich bei den Tauben einzelne Zapfen mit rothen Tropfen roth pigmentirt, beim Huhn einige

mit gelben Tropfen gelb (H. MÜLLER (60)), und Letzteres wird nach M. SCHULTZE (116) auch bei der Eidechse beobachtet.

In allen Wirbelthierklassen mit Ausnahme der Säugethiere kommen ausser den beschriebenen einfachen Zapfen noch sehr merkwürdige Bildungen vor, die sog. Doppel- oder Zwillings-Zapfen. Dieselben bestehen aus je zwei mit einer Seitenfläche ihres Körpers verwachsenen Zapfen. Bei den Fischen sind beide gleich gross, von gleicher Beschaffenheit und in reichlicher Menge vorhanden (Fig. 41 *a*). Bei den anderen genannten Wirbelthieren zeigen die beiden einen Doppelzapfen constituirenden Hälften mehr oder weniger grosse Verschiedenheiten. Die eine Hälfte, welche man als Nebenzapfen bezeichnen kann, ist gewöhnlich kleiner wie die andere, der Hauptzapfen; sowohl Innenglied als Aussenglied des ersteren sind kürzer; es fehlt ferner die farbige Kugel in den meisten Fällen dem Nebenzapfen, ebenso das Ellipsoid, während dafür (s. oben) letzterer das Oval besitzt (Fig. 41 *b*). Jede der Hälften ist auch in diesem Falle, wie bei den Fischen, meist mit gesondertem äusserem Korn und Zapfenfaser versehen.

Fig. 41.



Doppelzapfen. *a* vom Barsch (H. Müller(60) Fig 3 *b*); *b* von der Eidechse (M. Schultze (116) Fig. 10 *a*); *c* vom Triton (M. Schultze (116) Fig. 14 *c*).

Nach DOBROWOLSKY (152) zeigen die beiden Hälften der Doppelzapfen der Vögel nicht so constante Unterschiede, sondern es finden sich vielmehr zahlreiche Uebergangsformen von Nebenzapfen zu Hauptzapfen: beiden Hälften können farbige Kugeln zukommen, beide können gleich gross sein. Andererseits finden sich (einfache Zapfenkörper mit zwei Aussengliedern, einem grösseren und einem kleineren, mit einem Korn und zwei Zapfenfasern u. s. w.), so dass man also daran denken könnte, in den Doppelzapfen Theilungsformen der einfachen zu sehn, wie dies DOBROWOLSKY in der That zu begründen sucht. Er theilt mit, dass er nach »mechanischer Reizung« der Retina eines Huhnes mittelst Durchschneidung der Netzhaut eine bedeutende Vermehrung der Doppelzapfen 7—10 Tage nach der Operation wahrgenommen habe.

Die Doppelzapfen sind zuerst von HANNOVER (124) beschrieben und für die einzige Form der Zapfen erklärt worden; sie sollten sich bei allen Wirbelthieren, auch bei den Säugethieren vorfinden, welch letztere Angabe von späteren Forschern nicht bestätigt wurde.

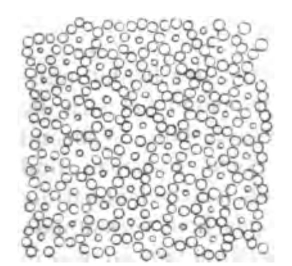
Von grossem Interesse für die Frage nach der Bedeutung der beiden nunmehr ausführlich geschilderten Arten von percipirenden Elementen hat sich die Vertheilung der Stäbchen und Zapfen in der Thierreihe herausgestellt. Während die grosse Mehrzahl der Säugethiere, Amphibien und Fische Stäbchen und Zapfen zusammen besitzt und zwar so, dass die Zahl der Stäbchen bedeutend die der Zapfen überwiegt, zeigt die Retina der Vögel das umgekehrte Verhältniss: in der ganzen Ausdehnung der Netzhaut dominiren die Zapfen gerade so wie in der *Macula lutea* des Menschen. Ist somit die Anordnung der Stäbchen und Zapfen der Vogel-Netzhaut der am Rande der *Macula lutea* des Menschen vorkommenden zu vergleichen, so kommt die Retina vieler, wenn nicht aller Reptilien (Eidechsen, Schlangen, Schildkröten), darin mit der *Fovea centralis* des Menschen überein, dass sich hier ausschliesslich Zapfen finden. Umgekehrt gibt es Thiere, denen die Zapfen vollständig fehlen. Dies sind unter den Fischen die Rochen und Haie, unter den Säugethieren Fledermaus, Igel, Maulwurf und

Nachtaffe (*Nyctipithecus felinus*) vergl. M. Schultze (162). Diesen nächtlichen Säugethieren mit vollkommenem Zapfenmangel reihen sich andere Nachtthiere mit nur sehr spärlichen rudimentären Zapfen an, wie die Eulen, ferner Ratte, Maus und Siebenschläfer. Auch Meerschweinchen und Kaninchen zeigen Aehnliches. Wie M. Schultze (109) mit Recht hervorgehoben hat, legen diese Befunde nicht minder, wie die Existenz der verschiedenfarbigen Kugeln in vielen Zapfen die Vermuthung nahe, dass letztere es sind, welche die Farbenempfindung vermitteln.

Krause (132) bestreitet M. Schultze's Angaben über den Zapfenmangel bei den genannten Nachtthieren. Ihm gegenüber hält M. Schultze (150) seine Angaben vollkommen aufrecht, ebenso die des Fehlens der Stäbchen bei *Lacerta agilis*; bei letzterem Thier habe ich ebenfalls keine Stäbchen finden können..

Mehrfach ist die Frage aufgeworfen worden, ob in der That Stäbchen und Zapfen differente Gebilde seien, ob sich nicht vermittelnde Uebergangsformen derselben entdecken lassen. Steinlin (128) geht so weit, einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Gebilden gänzlich zu leugnen, die grossen Stäbchen des Frosches z. B. für Zapfen zu erklären u. s. w. Es lässt sich in der That nicht in Abrede stellen, dass manche der Charactere, die als den Zapfen eigenthümlich angegeben werden, sich auch bei gewissen Stäbchen finden und umgekehrt. So besitzen z. B. die Stäbchen der Tritonen conische Aussenglieder. Es zeigen ferner viele Zapfen der Vogel-Retina insofern eine Annäherung an den Habitus der Stäbchen, als ihre Innenglieder die der letzteren kaum an Dicke übertreffen. Hier schützt aber die verschiedene Gestalt des Innengliedes (s. oben) vor Verwechslung, ebenso wie die Tritonen-Stäbchen ein von dem Aussehn der Zapfenkörper abweichendes Innenglied besitzen. Die Antwort auf obige Frage stellt sich also nicht so heraus, dass Stäbchen und Zapfen im Wesentlichen dieselben Gebilde sind, sondern dass beide Formen in der Retina desselben Thieres stets scharf geschieden sind, während sie in einigen Characteren Aehnlichkeit mit der anderen Form anderer Thiere besitzen können. Wenn wir ferner an die oben beschriebenen percipirenden Elemente der Frosch- und Vogel-Retina denken, so ergibt sich eine noch grössere Mannichfaltigkeit dieser Gebilde. Beim Frosch konnten wir drei scharf geschiedene Arten percipirender Elemente wahrnehmen, bei den Vögeln sogar deren mindestens vier, falls wir hier die verschiedene Farbe der Kugeln des Innenglieds für wesentlich halten wollen, wozu wir nach Allem berechtigt sind.

Fig. 42.

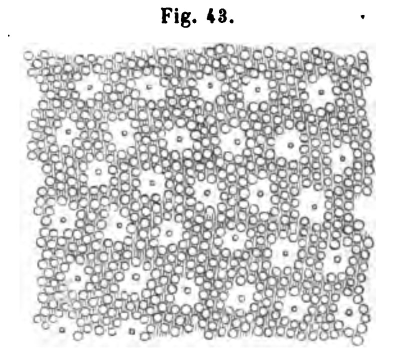


Mosaik der Stäbchen und Zapfen aus der Umgebung der Macula lutea des Menschen. Vergr. 500. Nach M. Schultze (109) Taf. XII, Fig. 2.

Es erübrigt nun noch, bevor ich mit der Beschreibung der Stäbchen- und Zapfenschicht abschliesse, einen Blick auf die Zahlen- und Stellungsverhältnisse ihrer Elemente in der menschlichen Netzhaut zu werfen. Um dieselben zu überblicken, muss man sich die Ansicht der äusseren Fläche einer ganz frischen Netzhaut verschaffen. Es ergibt sich da eine äusserst regelmässige Anordnung. Die Zapfen finden sich in ganz bestimmten Abständen vertheilt und zwar so, dass in der unmittelbaren Nähe des gelben Fleckes ein jeder von seinen Nachbarn durch je ein Stäbchen getrennt

wird, also ein einfacher Kranz von Stäbchen je einen Zapfen umgibt (s. Fig. 42). Die übrigen Partieen der Netzhaut ausserhalb der *Macula lutea* zeigen die Zapfen in grösseren Abständen von einander, indem dieselben schon in geringer Entfernung von der erstbeschriebenen Stelle durch je drei bis vier Stäbchen von einander getrennt werden (Fig. 43). Diese Entfernungen halten die Zapfen bis zur *Ora serrata* ein. Wie sie sich hier zu den Stäbchen verhalten, werden wir unten sehen, ebenso, in welcher Weise innerhalb der *Macula lutea* und *Fovea centralis*.

Fig. 43.



Mosaik der Stäbchen und Zapfen aus dem sog. peripherischen Theile der Netzhaut. Vergr. 500. Nach M. Schultze (109) Taf. XII, Fig. 3.

Die Zapfen erscheinen bei diesen Flächenansichten in Form grösserer Kreise mit einem centralen kleineren, die Stäbchen als einfache kleinere Kreise. Der grössere Kreis des Zapfenbildes entspricht dem Zapfenkörper, der kleinere dem Aussengliede. Es folgt daraus nothwendig, das zwischen dem Zapfen-Aussengliede und den im Kreise herumstehenden Stäbchen eine nicht durch percipirende Elemente ausgefüllte Lücke bleiben muss; es werden ferner zahlreiche Lücken zwischen den Stäbchenkreisen bleiben müssen (s. Fig. 43). Durch welche Elemente dieselben ausgefüllt werden, soll unten gezeigt werden.

§ 23. Die äussere Körnerschicht.

Die Stäbchen und Zapfen hängen continuirlich zusammen mit äusseren Körnern und den von ihnen abgehenden Fasern. Sie sind, wie wir oben erörtert haben, die äusseren Abschnitte der Sinnesepithelien der Netzhaut. Ihre nach innen von der *Membrana limitans interna* gelegenen inneren Abschnitte sollen uns nunmehr beschäftigen.

Ein jeder dieser inneren Theile der Sinnesepithelien der Netzhaut stellt ein fadenartiges Gebilde von wechselnder Dicke dar, das in seiner Verbindung mit den Zapfen als Zapfenfaser, in Verbindung mit den Stäbchen als Stäbchenfaser bezeichnet wird. Erstere besitzen meist unmittelbar an der Limitans, letztere an den verschiedensten Stellen ihres Verlaufs je eine kernhaltige Anschwellung, die man als Zapfenkorn, resp. Stäbchenkorn beschreibt. Die Zapfenfasern sowohl als Stäbchenfasern durchsetzen in radiärer Richtung die äussere Körnerschicht, um an der Grenze der äusseren granulirten Schicht in eigenthümlicher, unten näher zu erörternder Weise, zu enden. Beim Menschen, bei den Säugethieren und Fischen sind die Zapfenfasern um ein Bedeutendes dicker, wie die Stäbchenfasern, bei den anderen Wirbelthierklassen lassen sich dagegen solche Dicken-Unterschiede nicht wahrnehmen.

Auf Schnitten senkrecht durch die Dicke der Retina sieht man an den meisten Stellen derselben und bei den meisten Thieren die kernhaltigen Anschwellungen der Stäbchen- und Zapfenfasern, die äusseren Körner durch die ganze äussere Körnerschicht bis an die Grenze der äusseren granulirten Lage gleichmässig vertheilt. In der menschlichen Retina tritt aber in der Umgebung der

Macula lutea ein anderes Verhalten ein. Es vergrössert sich der Abstand zwischen *Limitans externa* und äusserer granulirter Schicht, ohne dass dabei die Dicke der Körnerlage zunimmt, ja dieselbe nimmt sogar noch merklich ab, denn die Körner vertheilen sich nicht in diesem vergrösserten Raume, sondern halten sich in derselben dichten Anordnung genau an der Seite der *Limitans externa*. Es entsteht dadurch eine von Körnern freie Zone zwischen äusserer Körnerschicht und der granulirten, in welchen die zu letzterer ziehenden Enden der Stäbchen- und Zapfenfasern verlaufen. Diese Zone wird demnach faserig erscheinen, was HENLE veranlasste, ihr den Namen äussere Faserschicht zu geben. Dieselbe ist aber offenbar nicht von der äusseren Körnerschicht zu trennen, da ihre Elemente weiter nichts darstellen, als die inneren Enden der auch in jener Lage vorkommenden Stäbchen- und Zapfenfasern. Ich betrachte sie demnach mit M. SCHULTZE nur als eine besondere Modification der äusseren Körnerschicht. In einem folgenden Paragraphen wird gezeigt werden, wie diese äussere Faserschicht in der *Macula lutea* an Entwicklung zunimmt und nahe der *Fovea centralis* ihre grösste Mächtigkeit erreicht.

Nach KÖLLIKER (127 S. 673) fehlt die äussere Faserschicht den übrigen Theilen der Netzhaut nicht ganz; nach seinen und H. MÜLLER's Erfahrungen tritt sie vielmehr in den vorderen Theilen der Retina wieder auf und ist besonders an der *Ora serrata* gut entwickelt (s. unten). In wie weit bei Säugethieren und Fischen eine äussere Faserschicht ausgebildet ist, verdient eingehender untersucht zu werden. Eine kurze Bemerkung von H. MÜLLER (73) über eine *Area centralis* im Säugethier-Auge deutet auf die Existenz einer äusseren Faserschicht an dieser Stelle hin.

Die äussere Körnerschicht erreicht in den verschiedenen Wirbelthierklassen eine sehr verschiedene Dicke. Am mächtigsten ist sie bei den Säugethieren und Fischen, wo sie aus vielen über einander geschichteten Lagen von Körnern besteht und sogar die innere Körnerschicht an Dicke übertrifft. Beim Menschen fand H. MÜLLER (60) die Dicke der äusseren Körnerlage 50—60 μ, beim Barsch 40—60. Dagegen zeigen Amphibien, Reptilien und Vögel nur eine sehr dünne, gewöhnlich aus zwei, seltener aus drei oder vier Lagen von Körnern zusammengesetzte *Granulosa externa*. Bei der Taube ist dieselbe z. B. nur 20 μ dick (H. MÜLLER). Diese verschiedene Entwicklung der äusseren Körnerlage erklärt sich aus der Vertheilung der Stäbchen und Zapfen bei den betreffenden Thieren. Bei den Fischen und noch mehr bei den Säugethieren und Menschen ist durch das Ueberwiegen der dünneren Stäbchen die Zahl der Sinnesepithelzellen eine ausserordentlich grosse. Da zu jeder Zelle aber ein Kern (äusseres Korn) gehört, das z. B. beim Menschen die Stäbchen an Dicke um das Fünf- bis Sechsfache übertrifft, so werden dieselben in einer Reihe nicht Platz neben einander finden können, sondern sich in mehreren Reihen über einander schichten müssen und zwar in um so zahlreicheren, je dünner, also je zahlreicher die äusseren Enden dieser Sinneszellen an den betreffenden Stellen sind. Es ergibt sich daraus und aus der Thatsache, dass die Zapfenkörner nicht dicker wie die Zapfen-Innenglieder sind, mit Nothwendigkeit, dass da, wo Zapfen in grösserer Menge vorkommen, die Dicke der äusseren Körnerschicht abnehmen wird, und so ist es nach H. MÜLLER (60) in der Gegend der *Macula lutea* der Fall, wo er die äussere Körnerschicht nur an 30 μ dick und aus 4—5 Lagen von Körnern zusammengesetzt fand. Im Einklang mit jener Voraussetzung steht ferner, dass im zapfen-

reichen Vogelauge und in der ausschliesslich Zapfen führenden Reptilien-Retina nicht minder wie in der durch colossale breite Stäbchen ausgezeichneten Netzhaut der Amphibien die äussere Körnerschicht auf wenige Lagen reducirt ist. Sobald bei einem dieser Thiere dagegen die Zahl der percipirenden Elemente auf einer bestimmten Fläche zunimmt, nimmt auch die Dicke der äusseren Körnerschicht zu. So zählt man in der Retina der Eule bis vier Lagen äusserer Körner entsprechend dem reichlicheren Auftreten dünner Stäbchen und dem Zurücktreten der Zapfen.

Es erklärt sich aus dieser Betrachtung dagegen nicht die Thatsache, dass gegen den vorderen Rand der Netzhaut hin die Dicke der äusseren Körnerschicht ebenfalls bedeutend abnimmt, nur noch 30—40 μ beträgt. Denn die Zahl der Stäbchen ist hier durchaus nicht auffallend vermindert (H. Müller (60)).

Wie M. Schultze (163) fand, zeigt die Retina des Störs von den bei den übrigen Fischen vorkommenden abweichende Verhältnisse. Sie gleicht dadurch, dass ihre äussere Körnerschicht sehr dünn ist, nur aus zwei Zellenlagen besteht, der Netzhaut der Amphibien, Reptilien und Vögel vielmehr, als der der Knochenfische.

Wie in Betreff der Schichtung der äusseren Körnerschicht Fische und Säugethiere den drei mittleren Wirbelthierklassen scharf gegenüber stehen, so auch noch darin, dass die äusseren Körner der ersteren ungleichartig sind, dass Stäbchen- und Zapfenkörner ein verschiedenes Aussehen besitzen, während dieselben bei Amphibien, Reptilien und Vögeln als solche nicht von einander zu unterscheiden sind. Ueberall aber, wo die Stäbchen- und Zapfenkörner sich unterscheiden lassen (Säugethiere, Fische) liegen zunächst an der Limitans die Zapfenkörner und in den inneren Schichten die viel zahlreicheren Stäbchenkörner. Beide Arten von Formelementen sind durch ihre Grösse sofort auseinander zu halten: die Zapfenkörner übertreffen stets um ein Bedeutendes die Körner der Stäbchen an Länge und Breite. Bei den Vögeln, wo die Körner der Stäbchen und Zapfen nicht differiren, liegen letztere bald unmittelbar an der Limitans, bald in einiger Entfernung davon in der inneren zweiten Reihe der äusseren Körner; wo endlich wie im Bereich der *Macula lutea* des Menschen die Zapfen die Stäbchen an Zahl übertreffen und zugleich schmaler werden, während ihre Körner nahezu dieselben Dimensionen behalten, haben nicht mehr alle Zapfenkörner an der Limitans Platz; sie gruppiren sich in zwei und mehr Reihen übereinander.

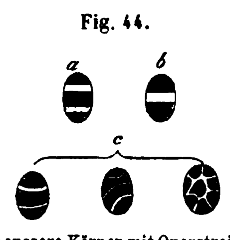
Die Stäbchenfasern sind beim Menschen und bei den Säugethieren sehr feine, ausserordentlich vergängliche Fäden. Eine jede wird, wie erwähnt, durch ein Stäbchenkorn unterbrochen, zerfällt dadurch in einen äusseren und inneren Theil. Der äussere scheint weniger vergänglich zu sein; er lässt sich wenigstens stets leichter (nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure, Jodserum, Oxalsäure, dünner Chromsäure) im Zusammenhange mit seinem Stäbchen und Korn erhalten, während der innere Theil in den meisten Fällen nur in seinem dem Korn benachbarten Theile zur Beobachtung kommt. M. Schultze gelang es jedoch, mit Hülfe der Ueberosmiumsäure, ihn bis zur Grenze der äusseren granulirten Schicht isolirt zu erhalten, wo er mit einer kleinen keulenförmigen Anschwellung scheinbar aufhört (s. Figur 35). Bei anderen Thieren (Fische, Amphibien, Vögel) überzeugt man sich dagegen leicht davon, dass das innerste die äussere granulirte Schicht berührende Ende der Stäbchenfasern durch eine kleine kegelförmige Anschwellung gebildet wird, die an ihrem Rande fein ausgefasert, fest

der genannten Schicht sich anschmiegt, gewissermaassen in ihr wurzelt. Besonders deutlich ist dies bei Amphibien und Vögeln zu sehen, wo die Stäbchenfasern überhaupt derber sind. Dabei findet sich die Eigenthümlichkeit, dass der inneren Lage der äusseren Körner, gleichgültig ob sie Stäbchen oder Zapfen angehören, hier die inneren Abschnitte ihrer Fasern fehlen. Es sitzen dieselben dann direct mit einer kurzen dreieckigen Anschwellung der äusseren granulirten Schicht auf (Fig. 36, 2). Sehr häufig zeigen sich bei dem erwähnten Darstellungsverfahren der Stäbchenfasern an ihnen feine Varicositäten in unregelmässigen Abständen, von demselben Aussehn, wie man sie nach ähnlicher Behandlung an feinsten Nervenfäserchen und an den centralen Ausläufern vieler Sinnesepithelien (Riechzellen, Hörzellen, Geschmackszellen) kennen gelernt hat.

Die Stäbchenkörner des Menschen und der Säugethiere sind kernhaltige Anschwellungen der Stäbchenfasern von ellipsoidischer Gestalt. Die Kerne erfüllen den ganzen Raum der Erweiterungen und zeichnen sich vor den Kernen der Zapfenkörner durch ein eigenthümliches Texturverhältniss aus. Sie sind, wie wir seit Henle (93) wissen, quergestreift. Diese Querstreifung ist bereits im ganz frischen Zustande zu erkennen bei Untersuchung im *Humor vitreus*, und ist nach Krause beim Menschen sogar frisch am deutlichsten. Auch ich muss mich mit den genannten Forschern und Ritter (103) dahin aussprechen, dass die Querstreifung der äusseren Körner keine Leichenerscheinung ist; ich habe sie an ganz frischen Präparaten deutlich wahrgenommen. Sie erhält sich aber meist nicht sehr lange nach dem Tode. Schon nach 12 bis 17 Stunden ist sie beim Menschen nicht mehr wahrzunehmen (Ritter), längere Zeit, bis zur beginnenden Fäulniss erhält sie sich im Auge des Schaafs (Henle) (114). Besonders deutlich, viel klarer wie im frischen Zustande kommt die Querstreifung zur Ansicht nach Behandlung der Retina mit dünnen Säuren, Essigsäure 3 pc. (W. Krause) (132) oder Ueberosmiumsäure; sehr häufig sah ich ferner dieselbe an Jodserum-Präparaten wohl erhalten; auch in verdünntem Alkohol bleibt sie lange bestehn (Ritter) (103).

Die Querstreifung der äusseren Körner beruht darauf, dass diese mit ihrer Längsaxe senkrecht zur Ebene der Retina gerichteten ellipsoidischen Elemente bei Einstellung auf ihre mittlere Durchschnittsebene abwechselnd von einem Pole zum anderen helle und dunkle Querbänder zeigen. Die beiden Pole werden stets von der dunklen stark lichtbrechenden Substanz eingenommen (Krause) (132). Gewöhnlich findet sich noch ein dritter dunkler Streif in der Mitte des Korns, durch je ein helles schwächer lichtbrechendes Band von den dunklen Polen getrennt (Fig. 44 *a*). Seltener fehlt der mittlere dunkle Streifen; in diesem Falle haben wir dann einen hellen Aequator und zwei dunkle Pole (Figur 44 *b*). Dass die Querstreifung nicht etwa blos der Oberfläche der betreffenden Körner angehört, sondern die ganze Dicke derselben durchsetzt, davon kann man sich leicht überzeugen. Die beiden optisch verschiedenen Substanzen sind also innerhalb jedes Stäbchenkorns in Form von alternirenden Querscheiben vertheilt. Nach Krause (132) sind dieselben aber nicht planparallele Platten, sondern die dunkle

Fig. 44.



Aeussere Körner mit Querstreifen. *a* und *b* von der Katze, *c* vom Kalbe. Jodserum-Präparat. Vergr. 1000.

Mittelscheibe ist biconcav, die beiden Polscheiben convexconcav, so dass also die beiden hellen Querscheiben biconvex sein würden. Die Breite der dunklen Querstreifen ist von RITTER (103) gemessen worden; sie beträgt beim Kind 1 μ; während die hellen Querscheiben noch einmal so breit gefunden wurden. Nach HENLE (114 S. 648) gibt es eine Einstellung, »bei welcher die Streifen sich in Reihen von Kügelchen aufzulösen scheinen«. An frischen Präparaten habe ich eine analoge Beobachtung nicht gemacht; wohl aber sah ich an den Stäbchenkörnern des Kalbes beim längeren Liegen des Präparates die Streifung zunehmen: es traten ausser den hellen Querstreifen noch unregelmässige Längsstreifen auf und schliesslich zeigte sich die dunkle Substanz in eine grosse Zahl rundlicher oder eckiger Körperchen zerklüftet (Fig. 44 *c*). In Folge der weiter fortschreitenden Zerklüftung erscheinen die Körner zuletzt gleichmässig granulirt. Auch RITTER sah nach dem Tode die Substanz der Querstreifen in Pünctchen zerfallen.

In den quergestreiften Stäbchenkörnern der Säugethiere konnte ich von einem Kernkörperchen nichts wahrnehmen; eine Membran fehlt ihnen ebenfalls. Die Längsaxe der Ellipsoide misst beim Menschen nach HENLE (114) 6—7 μ (nach RITTER (103) bis 10 μ); die Queraxe übertrifft oft nur um Weniges die halbe Länge der langen Axe. Nur den Stäbchenkörnern des Menschen und der Säugethiere kommt die Querstreifung zu; die der Amphibien, Reptilien und Vögel gleichen vollständig den Zapfenkörnern, die nie quergestreift sind.

Nach KRAUSE (132) soll die Querstreifung auch den Zapfenkörnern nicht fehlen; sie sei nur feiner und reichlicher wie die der Stäbchenkörner. Was er aber als solche abbildet (Fig. 25, 26 u. 36 Taf. II: Zapfen der *Macula lutea* vom Affen, Zapfen des Huhns, der Eule) deutet offenbar auf ganz andere Texturverhältnisse als die eben beschriebenen. Die Streifen erscheinen unregelmässig, nicht scharf begrenzt, vielmehr verwaschen. Und dasselbe gilt für die von KRAUSE erwähnten Querstreifen der Stäbchenkörner der Vögel.

Die Gestalt der Stäbchenkörner der Säugethiere scheint öfter von der ellipsoiden abzuweichen; so sprechen HENLE und RITTER von kugligen Körnern. Auch die ellipsoidischen besitzen eine sehr verschiedene Länge (4,5—8 μ nach KÖLLIKER).

Die Zapfenkörner des Menschen, der Säugethiere und Fische unterscheiden sich von den Stäbchenkörnern zunächst durch ihre Lage an der *Limitans externa*, ihre Grösse und den Mangel der Querstreifung. Die Stücke, welche diese Elemente mit den Zapfenkörpern verbinden, sind meist nur um ein Geringes schmäler als Zapfen-Innenglied und Zapfenkorn und sehr kurz; nur, wo wie im Bereich der *Macula lutea*, die Zapfenkörner sich von der *Limitans externa* entfernen, zieht sich jenes Verbindungsstück zu einem längeren dünneren Stiele aus. Die Kerne, mit je einem kleinen rundlichen Kernkörperchen versehn, füllen auch hier die Breite des Korns vollständig aus; entsprechend der grösseren Dicke der Verbindungsstücke und Zapfenfasern erscheinen aber an beiden Polen derselben noch verbreiterte Theile dieser letzteren als zum Korn gehörig, während die Stäbchenkörner fast ausschliesslich von den Kernen gebildet werden. In den andern Wirbelthierklassen unterscheiden sich die Zapfenkörner nicht von den Stäbchenkörnern. Bei Vögeln und Reptilien fand ich aber die Art ihrer Verbindung mit dem Zapfenkörper abweichend von den gewöhnlichen Verhältnissen, indem dieselbe durch eine dünne scheinbar aus dem Centrum des Zapfenkörpers kommende Faser hergestellt wird.

Vom inneren Pole eines Zapfenkörpers entspringt je eine Zapfenfaser,

die sich vor den ausserordentlich feinen Stäbchenfasern beim Menschen, den Säugethieren und Fischen durch ihre grössere Dicke (nach Kölliker (127) 1,1 — 1,3 μ breit beim Menschen) unterscheidet. Ihre Substanz scheint dagegen vollständig mit der der Stäbchenfasern übereinzustimmen; sie ist in ähnlicher Weise vergänglich, wenn sie auch wegen ihrer grösseren Dicke stets leichter zu conserviren ist; sie zeigt nach Behandlung mit dünnen Chromsäurelösungen in gleicher Weise Varicositäten-Bildung und gleicht überhaupt in ihrem Verhalten gegen Reagentien ganz den Nervenfäserchen der Opticusfaserlage (M. Schultze (150)) oder den centralen Enden anderer Sinnesepithelien. Mit den Radialfasern können die Zapfenfasern schon aus diesem Grunde nicht verwechselt werden; sie lösen sich ferner stets glatt aus den umgebenden Theilen heraus, während die Radialfasern bei Anwendung derselben Isolationsmethoden (Ueberosmiumsäure) meist rauh erscheinen. Bei starken Vergrösserungen lassen die Zapfenfasern nach M. Schultze eine feine Längsstrichelung erkennen.

Die so beschaffenen Zapfenfasern haben nun in der ganzen Ausdehnung der Retina mit Ausnahme der Umgebung des gelben Flecks einen radiären Verlauf, treffen unter rechtem Winkel auf die äussere Fläche der äusseren granulirten Schicht. Hier gehen sie sämmtlich in je eine kegelförmige Anschwellung über. Die Basis des Kegels haftet an der *Granulosa externa*, die Spitze ist nach aussen gekehrt. Für gewöhnlich sind diese Zapfenfaserkegel vollständig homogen; zuweilen bemerkt man jedoch in ihnen eigenthümliche grössere und kleinere vacuolenartige Räume, die besonders bei den Fischen nichts seltenes sind. Sehr häufig zeigen ferner bei Anwendung stärkerer Lösungen der Ueberosmiumsäure oder nach längerem Liegen in schwächeren Lösungen die Anschwellungen der Zapfenfasern eine intensiv blauschwarze Farbe, die an die des Nervenmarks erinnert (M. Schultze (109) Tafel XI, Fig. 9). Besonders deutlich ist dies bei den Fischen zu sehen und findet sich hier auch an den entsprechenden Anschwellungen der Stäbchenfasern zugleich mit dem Auftreten kleiner Vacuolen in derselben.

Der Ansatz der Zapfenfaserkegel an der äusseren granulirten Schicht geschieht nun in der Weise, dass vom Rande der Kegelbasis zahlreiche Fäserchen abtreten, um sich in der Substanz der *Granulosa externa*, nachdem sie eine kurze Strecke eine wagrechte Richtung verfolgt haben, zu verlieren. Die abtretenden Fäserchen gleichen, wie die Zapfenfasern selbst, in ihren Reactionen ganz Nervenfäserchen und werden von M. Schultze auch als solche in Anspruch genommen. Indessen dürfen wir uns nicht verhehlen, dass ihr Zusammenhang mit Nervenfasern der inneren Netzhautschichten bis jetzt noch nicht nachzuweisen ist, dass überhaupt jene Fäserchen nur eine kurze Strecke weit verfolgt sind, da bisher die schwer zu entwirrende äussere granulirte Schicht jede weitere Verfolgung hinderte. Es wäre deshalb immerhin möglich, dass jene feinen Fäserchen nur Auszackungen, Wurzeln der Basis der Sinnesepithelzellen darstellen, mit welchen dieselben, wie dies auch an anderen Orten beobachtet wurde, fest auf ihrer Unterlage haften. Ich erinnere z. B. an das zackige Eingreifen der tiefsten Schicht des *Rete Malpighii* in die Lederhaut.

Hasse (115) behauptete, dass von jeder Zapfenfaserkegel-Basis nur drei Fasern abtreten sollten und brachte dies Verhalten in Beziehung zur Young-Helmholtz'schen Theorie der Farbenempfindung. Ich habe nur die Angaben M. Schultze's bestätigen können.

Nach W. KRAUSE (132) sollen die Zapfenfasern direct mit den Zellen seiner *Membrana fenestrata* zusammenhängen, gerade so wie auf der inneren Seite derselben die Radialfasern. Seine Angaben werden durch das oben über die äussere granulirte Schicht Mitgetheilte widerlegt.

Bei H. MÜLLER (60) findet sich eine Angabe, dass namentlich im Hintergrunde des Auges die Zapfenfasern ohne merkliche Anschwellung bis in die innere Körnerschicht sich erstreckten. Von späteren Forschern ist keine analoge Beobachtung mitgetheilt worden.

Ausser den geschilderten Formelementen der äusseren Körnerschicht, welche als innere Abtheilungen der Sinnesepithelzellen der Netzhaut aufgefasst werden müssen, unterscheidet LANDOLT (145) noch in der Retina von Triton und Salamandra eigenthümliche kolbenförmige Elemente, die mit einem Stiele aus der äusseren granulirten Schicht sich erheben und in ihrer Anschwellung eine Art Kernkörperchen besitzen. Sie wurden nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure erhalten und sind wahrscheinlich nichts weiter, wie abgebrochene Stäbchen- oder Zapfenfasern, deren Korn durch den endständigen Kolben dargestellt wird.

§ 24. Membrana limitans externa.

Es wurde in einem früheren Paragraphen mitgetheilt, dass die äusseren Abschnitte der Radialfasern in eigenthümlicher Weise zwischen die Elemente der äusseren Körnerschicht ausstrahlen, wobei sie sich in feine Fasern und zarthäutige Lamellen spalten. Diese Ausbreitungen sind besonders schön aus der Netzhaut der Vögel und des Frosches nach Maceration in Jodserum zu erhalten (vergl. Fig. 37). Sie bilden dann ein eigenthümliches aus zarten sich theilenden Lamellen bestehendes vielfach durchbrochenes Maschenwerk, dessen Maschenräume in Form und Grösse den äusseren Körnern entsprechen. Letztere werden also von sehr zarten glashellen Scheiden, den Fortsetzungen der Radialfasern, unvollständig umhüllt. Diese Hüllen zeigen nicht selten eine feine Streifung, als wenn sie aus feinen Fibrillen zusammengesetzt seien (M. SCHULTZE (151)). Um die Zapfenfasern der Säugethiere und des Menschen stellen diese äusseren Ausstrahlungen der Radialfasern, wie dies MERKEL (143) zuerst für die langen Zapfenfasern der *Macula lutea* nachgewiesen hat, ebenfalls zarte glashelle Scheiden dar.

Die *Limitans externa*, welche an Schnitten senkrecht durch die Retina als eine scharfe die Stäbchen- und Zapfenschicht von der äusseren Körnerschicht trennende Linie erscheint, hängt, wie Jodserum-Präparate mit isolirter äusserer Radialfaser-Ausstrahlung ebenfalls beweisen, continuirlich mit letzterer zusammen, der Art, dass in der Höhe derselben jene Ausstrahlungen in einer Ebene angeordnete kleine Verbreiterungen zeigen, die nach Entfernung der Stäbchen und Zapfen im Durchschnitt dann zusammen den Eindruck einer aus kleinen Strichelchen bestehenden unterbrochenen Linie machen (Fig. 37). Die *Membrana limitans externa* ist also keine geschlossene Membran, sondern so oft von runden Löchern durchbrochen, als Stäbchen und Zapfen vorhanden sind. Da letztere aber äusserst dicht neben einander stehen, so ergibt sich, dass die Oeffnungen die übrig bleibenden Substanzbälkchen an Flächen-Ausdehnung um ein Bedeutendes übertreffen müssen. Dem entsprechend erscheint die *Membrana limitans externa* bei Flächenansichten als ein höchst zierliches Gitterwerk mit sehr dünnen Bälkchen und grösseren und kleineren runden Maschen. Die grösseren Oeffnungen des Gitters entsprechen den Zapfenkörpern, die kleineren den Stäbchen. Nach KRAUSE (132) erhält man solche Ansichten, wenn man *Retinae*, die vorher

in dünner Chromsäure oder *Kali bichromicum* erhärtet waren, gefrieren lässt und Flächenschnitte davon anfertigt.

In ähnlicher Weise schildert Landolt (145) die Bildung der *Limitans externa* beim Frosch, Salamander und Triton. Nur in den peripherischen Theilen der Netzhaut findet sich hier keine zusammenhängende Limitans, indem die Ausläufer der Radialfasern an der Basis der Zapfenkörper nicht verschmelzen, sondern Stäbchen und Zapfen überziehende isolirte Scheiden bilden sollen.

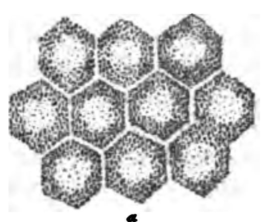
Von der Aussenfläche der *Limitans externa* erheben sich endlich als letzte Enden der Radialfasern feine Fäserchen, die sich dicht an die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen anlegen und bereits oben als Faserkörbe derselben eingehend beschrieben sind. Ihr Ursprung von der *Limitans externa* ist meist durch eine kleine knötchenförmige Verdickung ausgezeichnet. Sie verlieren sich fein zugespitzt auf der äusseren Oberfläche der Stäbchen- und Zapfen-Innenglieder.

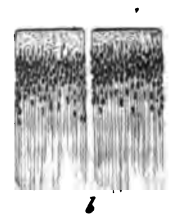
Aus dem Vorstehenden erklärt es sich, in welcher Weise die zwischen den Formelementen der äusseren Körnerschicht, sowie der Innenglieder der Stäbchen und Zapfen vorhandenen Lücken ausgefüllt werden. Der Inhalt der Zwischenräume zwischen den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen (s. oben § 22) kann erst eine Besprechung finden, wenn wir die letzte Lage der Retina, welche im Gegensatz zu den bisher besprochenen aus dem äusseren Blatte der secundären Augenblase hervorgegangen ist, kennen gelernt haben, nämlich das Pigmentepithel.

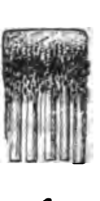
§ 25. **Die Pigmentschicht der Netzhaut** (Pigmentepithel der Retina, früher als Pigmentepithel der Chorioides aufgeführt).

Die Pigmentschicht der Netzhaut besteht aus einer einfachen Lage mehr oder weniger pigmentirter pflasterförmiger Zellen. Bei Flächenansichten dieser Lage erscheinen dieselben als ziemlich regelmässige Sechsecke, die zu einer zierlichen Mosaik an einander gereiht sind (Fig. 45 *a*). Selten trifft man zwischen den

Fig. 45.







a *b* *c*

Zellen der Pigmentschicht der Netzhaut des Menschen. *a* von der Fläche, *b* von der Seite gesehen, letztere mit langen haarförmigen theils pigmentirten, theils pigmentfreien Fortsätzen. *c* eine Zelle, in welcher Aussenglieder von Stäbchen festhängen. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Fig. 359. S. 1013.)

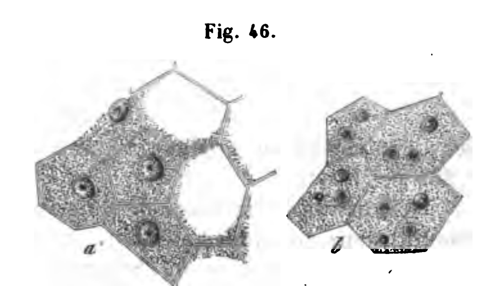
Sechsecken fünf- oder siebenseitige Figuren. Beim Menschen beträgt die Breite dieser Zellen 12—18 μ (Kölliker) (127). Ihre Dicke wird von Kölliker zu 9 μ angegeben, so dass also die Zellen ein niedriges Pflasterepithel darstellen würden. Allein dieses Maass bezieht sich nur auf die Dicke der Pigmentzellen, soweit sie nach aussen von der Stäbchen- oder Zapfenschicht liegen. An Profilansichten,

am besten solcher Präparate, die durch Ueberosmiumsäure erhärtet sind, überzeugt man sich, dass die Pigmentzellen in die eigentliche Retina hinein zwischen die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen eine grosse Zahl feiner wimperförmiger Fortsätze entsenden, die zwar beim Menschen und den Säugethieren von nur geringer Ausdehnung sind, in den anderen Wirbelthierklassen aber eine sehr bedeutende Länge erreichen können. Dadurch wird dann zuweilen ein so inniger Zusammenhang zwischen Pigmentepithel und Retina hergestellt, dass bei den Versuchen, die letztere von der Chorioides abzuziehn, häufig die Aussenglieder der Stäbchen abreissen und im Pigmentepithel sitzen bleiben. Beim Menschen und den Säugethieren ist dagegen die Verbindung beider Blätter der secundären Augenblase meist eine sehr lockere.

Nach MORANO (159) besitzen die Pigmentzellen des Frosches nicht überall in der Ausdehnung der Netzhaut den gleichen Durchmesser. Sie sind vielmehr durchschnittlich in den peripherischen Theilen der Retina grösser wie in den centralen. In ersteren kommen etwa fünf Stäbchen auf die Breite einer Pigmentzelle, im Centrum dagegen meist nur drei, in einzelnen Fällen sogar nur eines.

Bei der Flächenansicht des Pigmentepithels der Säugethiere und des Menschen sieht man die pigmentirten sechseckigen Felder nicht unmittelbar aneinander stossen, sondern durch mehr oder weniger breite helle Linien getrennt (Fig. 45 *a*). Die wechselnde Breite dieser Linien erklärt sich aus dem Wechsel des Pigmentgehalts der einzelnen Zellen (HENLE), stets aber finden sie sich in der ganzen Ausdehnung der Retina bis nahe an die *Ora serrata* auch bei stärkster Pigmentfüllung vor, so dass also überall ein schmaler Streifen zwischen den sich berührenden Zellen stets farblos bleibt. Derselbe entspricht nun, wie meine Untersuchungen ergeben haben, vollkommen einer Kittsubstanz, wie sie sich sonst zwischen Epithelien vorfindet. In der Müller'schen Lösung erhärten die Streifen. Es gelingt dann, Bruchstücke der Pigmentschicht zu erhalten, in welchen die erhärteten Kittsubstanzbalken vollständig isolirt ein zierliches Netz mit sechseckigen Maschen bilden, aus denen zum Theil die Zellen selbst herausgefallen sind (Fig. 46 *a*). Wahrscheinlich sind diese Balken im Leben von weicher, wenn nicht flüssiger Beschaffenheit. An Präparaten aus Jodserum habe ich nichts von ihnen wahrnehmen können.

Fig. 46.

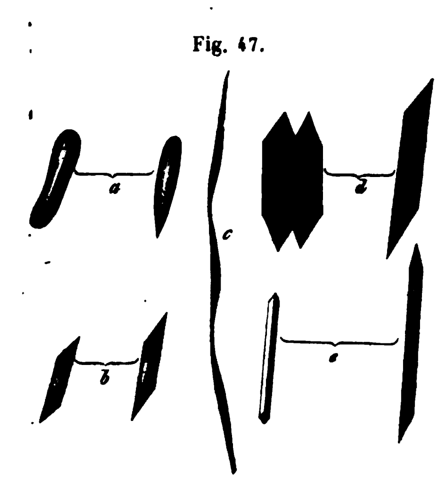


Nicht pigmentirtes Epithel der Retina eines weissen Kaninchens. *a* mit isolirten Kittsubstanzbalken, *b* mit eigenthümlichen glänzenden Kugeln im Inhalt. In den beiden Zellen rechts je zwei Kerne. Zeiss F. Ocular 2.

In Betreff des feineren Baues der Pigmentzellen ergeben Flächenansichten nur soviel, dass die Zellen bis auf den als farbloses helles kugliges Gebilde durchschimmernden Kern mit braunen oder schwarzen Körnchen vollgestopft sind, die durch eine spärliche farblose Masse zusammengehalten werden. Profilansichten lehren ferner, dass stets bei allen Wirbelthieren der der Chorioides zugekehrte Saum der Zellen farblos, ohne Pigmentkörnchen ist, und dass dieser farblose Saum gewöhnlich den runden kleinen Kern birgt. Nur selten enthalten sie zwei

Kerne (besonders häufig die farblosen sechseckigen Zellen der entsprechenden Schicht aus dem Auge von Kaninchen-Albinos Fig. 46 *b*). Die Pigmentkörnchen zeichnen sich vor den mehr rundlichen des eigentlichen Chorioidal-Pigments durch ihre ausgesprochene stabförmige Gestalt aus (Rosow) (92). Ihre Länge schwankt zwischen 1 und 5 μ. Sie stehen sämmtlich mit ihrem grossen Durchmesser senkrecht zur Ebene der Retina, sowohl in den Körpern der Pigmentzellen, als in den langen wimperartigen Fortsätzen. In letzteren liegen sie meist in einfachen Reihen hinter einander, an ihren Spitzen durch farbloseSubstanz verbunden. Wie Frisch (136) gefunden hat, sind diese stäbchenförmigen Pigmentkörner kleine Krystalle (Fig. 47); sie lassen im frischen Zustande bei sehr starker Vergrösserung scharfe Ecken und Kanten erkennen. Die Substanz dieser Krystalle ist ein eigenthümlicher, bisher wenig untersuchter Farbstoff, das sogenannte **Melanin**, das durch seine Unlöslichkeit in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Mineralsäuren und Essigsäure ausgezeichnet ist. In Alkalien ist es schwer und unvollständig löslich, von concentrirten Mineralsäuren wird es zersetzt. Nach Lehmann enthält es 0,254 pc. Eisen.

Fig. 47.



Formen der Farbstoffkörner aus dem Pigmentepithel der Retina. *a* vom Menschen, *b* vom Meerschweinchen, *c* von der Taube, *d* vom Frosch, *e* vom Hecht. (Nach Frisch (136)).

Wie erwähnt, werden die Pigmentkörnchen in den Zellen durch eine farblose Substanz zusammengehalten. Dieselbe scheint eiweissartiger Natur und im Leben sehr weich zu sein. Sie ist besonders deutlich in den wimperförmigen Fortsätzen zwischen zwei einander zugekehrten Körnchenspitzen zu erkennen. Der Kern der Zellen bleibt stets unpigmentirt. Die Farbe des Pigments ist bei den einzelnen Individuen eine verschiedene; bei blonden ist sie heller, wie bei dunklen Personen; am intensivsten ist sie beim Neger. In den einzelnen Wirbelthierklassen zeigt die Farbe ebenfalls sehr verschiedene Intensität. Bei sehr vielen Fischen finden sich in den Zellen der Pigmentschicht anstatt der gewöhnlichen Pigmentkörnchen ganz andere Molekel, welche bei auffallendem Licht weisslich oder gelbröthlich erscheinen (H. Müller (60), Hannover (24)), also keine Licht absorbirende, sondern eine stark reflectirende Lage darstellen, wie wir sie sonst in der eigentlichen Chorioides als sogenanntes Tapetum bei Fischen und Säugethieren vorfinden. Zuweilen ist jedoch nur ein Theil der Pigmentzellen mit diesen Körperchen erfüllt und zwar die eigenthümlichen wimperförmigen Fortsätze, während die Zellkörper selbst gewöhnliches Pigment enthalten (H. Müller).

Bei anderen Thieren findet man in den äusseren Theilen der Pigmentzellen eine oder mehrere Fettkugeln; so z. B. beim Frosch, wo sie sich durch eine intensiv gelbe Farbe auszeichnen. In den analogen farblosen Zellen, welche das

Kaninchen-Tapetum überziehen, liegt fast constant je ein grösserer farbloser Fetttropfen (H. Müller (60), vergl. auch Figur 46 *b*).

Die Länge der wimperartigen Pigmentfortsätze ist, wie erwähnt, eine sehr verschiedene. Bei den Fischen, Amphibien und Vögeln reichen sie sicher bis an die Grenze zwischen Aussenglied und Innenglied der Stäbchen und Zapfen, nach Merkel (144) beim Frosch bis an die *Limitans externa.* Es ist möglich, dass in ersterem Falle farblose Spitzen der Wimpern, die wegen ihrer leichten Zerstörbarkeit sich der Beobachtung entziehn, noch weiter nach innen reichen. Beim Menschen und den Säugethieren dagegen ist ihre Länge, wenigstens soweit sie Pigmentkörnchen enthalten, nur eine sehr geringe, wie man auf jedem Durchschnitt durch die Schichten der Retina constatiren kann. Es stecken hier die äusseren Enden der Stäbchen nur in leichten Vertiefungen der Pigmentzellen, der Zusammenhang beider Lagen ist leicht aufzuheben. Ob hier noch längere farblose Wimpern vorkommen, kann ich nicht durch eigene Beobachtungen entscheiden; nach den Untersuchungen von M. Schultze ist dies jedoch der Fall (Fig. 45).

Die eigenthümlich weiche Beschaffenheit der frischen Pigmentzellen bringt es mit sich, dass dieselben bei der Präparation sehr leicht Verzerrungen erleiden; sie können sich streckenweise über einander schieben und so die dachziegelförmige Anordnung zeigen, welche Bruch [1]) und v. Wittich [2]) beschreiben. Wo wir lange Pigmentwimpern finden, wie namentlich bei den Vögeln, werden dieselben, sobald die Stäbchen herausgefallen sind, zusammensinken und an einander klebend, einen nach innen gerichteten Pigmentkegel darstellen (Michaelis (21), H. Müller). Auch Kräuselungen, zickzackförmige Biegungen sind an den langen Pigmentwimpern häufig wahrzunehmen.

Während die nach innen gerichteten in die Stäbchenschicht hineindringenden Fortsätze des Pigmentepithels allgemein als ein Wald isolirt verlaufender Wimpern geschildert werden, entgegen älteren Anschauungen (Hannover (24)), welche dieselben als membranöse Hüllen darstellten, beschreibt Morano (159), sich stützend auf Ueberosmiumsäure-Präparate beim Frosch ausser den langen Pigment-Wimperschnüren wieder Pigmentscheiden um die Aussenglieder der Stäbchen; sie sollen aber nur den kleinsten in den centralen Partieen der Netzhaut liegenden Pigmentzellen zukommen.

Bei Albinos enthalten die geschilderten sechseckigen Zellen, wie bereits Wharton Jones (8) angibt, keine Pigmentkörnchen. Ebenso fehlen letztere den Zellen der Pigmentschicht, welche innen das *Tapetum lucidum* (bei Raubthieren, Wiederkäuern) bekleiden. In beiden Fällen bleibt aber die Gestalt der Zellen unverändert, senken sich die fadenförmigen Fortsätze in die Stäbchenschicht hinein.

Hier ist der Ort noch kurz des Vorkommens anderer Pigmentzellen in der Retina zu gedenken. M. Schultze (150) fand solche von sternförmiger Gestalt in der Adventitia der Netzhautgefässe von Wiederkäuern. In Betreff der Pigmentirung der Netzhaut bei *Retinitis pigmentosa* muss auf das diese Krankheit behandelnde Capitel verwiesen werden.

Wir haben nunmehr gesehn, dass in die Lücken, welche zwischen den Aussengliedern der Stäbchen vorhanden sind, die Fortsätze der Pigmentzellen hineinreichen. Die weiteren Lücken, welche jedesmal ein Zapfen-Aussenglied umgeben, können aber unmöglich durch die Pigmentwimpern allein erfüllt werden, da diese sonst hier eine dickere zusammenhängende Masse bilden würden,

---

[1]) Zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere. Zürich 1844.

[2]) Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. IV. S. 458.

was nicht beobachtet wird. Es findet sich vielmehr hier, wie überall zwischen den Stäbchen, soweit deren Zwischenräume nicht von den Pigmentfortsätzen erfüllt werden, eine structurlose glashelle Zwischensubstanz als Ausfüllungsmasse (HENLE (114), H. MÜLLER (60)), die im frischen Zustande eine eigenthümlich zähe elastische Beschaffenheit zeigt, nach dem Tode aber zuerst schleimig und dann vollkommen flüssig wird (HENLE). Für ihre im frischen Zustande grosse Consistenz spricht, dass sie nach H. MÜLLER »an einem frischen Pferdeauge eine Art Membran bildete, welche man in Stücken reissen konnte, wobei die Stäbchen streckenweise fast gänzlich aus derselben hervorgezogen wurden, ohne dass sie zerfloss.« Bei niederen Wirbelthieren wurde dagegen von H. MÜLLER etwas Aehnliches nicht beobachtet. Entsprechend der geringen Länge der Pigmentfortsätze bei den Säugethieren müssen wir ja gerade hier eine besonders entwickelte Zwischensubstanz antreffen. Aus ihrer Existenz erklären sich auch wahrscheinlich einige merkwürdige Injectionsresultate. Bei Injectionen unter die innere Opticusscheide, wie ich sie behufs Füllung der Lymphbahnen des Sehnerven und der Netzhaut (s. unten) anstellte, erhielt ich nicht selten eine vom Eintritt des Sehnerven ausgehende Injection zwischen Retina und Pigmentepithel, wobei natürlich erstere in derselben Weise, wie bei pathologischer Netzhautablösung, bedeutend gegen den Glaskörper vorgewölbt gefunden wurde. Das Pigmentepithel war dabei auf der Chorioides sitzen geblieben. Es muss also wohl in diesen Fällen eine weiche nachgibige Masse zwischen Pigmentepithel und Retina oder innerhalb der Stäbchenschicht letzterer durch die injicirte Flüssigkeit verdrängt worden sein, und stehe ich nicht an, dieselbe für identisch mit der Henle-Müller'schen glashellen Zwischensubstanz zu halten. Dieser Auffassung würde nur die Thatsache entgegen stehn, dass mir die Erzeugung einer künstlichen Netzhautablösung auf dem geschilderten Wege schon an ganz frischen Augen (vom Schaaf und Schwein) gelang, in welchen aber nach HENLE jene Zwischensubstanz noch fest sein soll. Meinen Injectionsresultaten entsprechend fand ich an frischen Schaaf- und Schweinsaugen, die ich gefrieren liess, zwischen Pigmentepithel und Retina ein zartes Eisscherbchen. Morphologisch entspricht die davon eingenommene Spalte der ehemaligen Höhle der primären Augenblase, den Hirnventrikeln und dem Centralcanale des Rückenmarks.

§ 26. Die Macula lutea und Fovea centralis.

In den vorstehenden Paragraphen wurden die einzelnen Schichten und Elemente der Netzhaut so geschildert, wie sie in der weitaus grössten Ausdehnung der Retina zur Beobachtung kommen. Sehr bedeutende Abweichungen vom geschilderten Bau finden sich in der *Macula lutea* und *Fovea centralis* des menschlichen Auges, sowie am Rande der eigentlichen Netzhaut, an der *Ora serrata*.

Die Retina des Menschen und der Affen zeigt nach aussen von der *Papilla optici* eine querovale gelb gefärbte Stelle, den gelben Fleck, der ungefähr in seiner Mitte, entsprechend dem hinteren Ende der Augenaxe und der Stelle des deutlichsten Sehens eine bedeutende Verdünnung, die *Fovea centralis*, erkennen lässt. Die Entfernung des inneren Endes der *Macula lutea* von der Mitte der *Papilla optici* beträgt etwa 2,2—2,45 Mm. (KÖLLIKER) (127). Die Grösse des gelben Fleckes ist schwer mit Genauigkeit anzugeben, da die gelbe Farbe sich nur

ganz allmählich in der Umgebung verliert. Stets ist der horizontale Durchmesser grösser, wie der vertikale, etwa im Verhältniss von 4 : 3, was sich auch im ophthalmoscopischen Bilde sehr deutlich erkennen lässt. Eine intensiver gefärbte centrale Partie von 0,88 — 1,5 Mm. horizontalem Durchmesser ist in der Regel von einem heller tingirten Hof umgeben (H. MÜLLER) (60); mit diesem kann die horizontale Ausdehnung des gelben Flecks bis 3 Mm. betragen; für gewöhnlich misst sie etwa 2 Mm. Bedeutende individuelle Verschiedenheiten lassen sich aber nicht nur in Betreff der Ausdehnung der gelben Färbung, sondern auch in Betreff der Intensität derselben constatiren. So ist nach HUSCHKE (5) der gelbe Fleck bei Individuen mit blauen Augen heller, als bei dunkeläugigen Personen.

Die centrale verdünnte Stelle des gelben Flecks, die *Fovea centralis*, liegt nicht ganz genau im Mittelpuncte der elliptischen *Macula lutea*, sondern ein wenig dem der *Papilla optici* zugekehrten Ende näher gerückt. Sie bildet gleichsam eine kraterartige Vertiefung mit Wänden, die etwa unter einem Winkel von 40° ansteigen. Die Ränder der Fovea erscheinen für gewöhnlich etwas dicker wie die benachbarten Theile und deshalb etwas gewulstet. Nach dem Tode bilden sich Falten in der Netzhaut aus, von denen eine zwischen *Papilla optici* und *Macula* verläuft und früher allgemein als *Plica centralis* beschrieben wurde. Dieselbe ist aber nichts weiter, wie eine Leichenerscheinung, ebenso wie das sogenannte *Foramen centrale*, das an nicht ganz frischen Augen häufig an Stelle der *Fovea centralis* gefunden wird. Dieses Loch entsteht in der Mitte des gelben Fleckes erst nach dem Tode zugleich mit den Faltenbildungen in Folge einer Continuitätstrennung der gerade an dieser Stelle sehr zarten vergänglichen Elemente der Retina. Eine solche Zerreissung wird besonders dann leicht eintreten, wenn die ganze *Macula lutea* nach dem Tode sich als Falte abhebt; dadurch wird dann die *Fovea centralis* auf den Gipfel der Falte erhoben und nach dem Glaskörper zu ausgeglichen, während jetzt die umgebenden Wülste nach der Chorioides sehn (H. MÜLLER); dies muss nothwendig eine Spannung der Fovea zur Folge haben.

Auch die centrale Grube hat an frischen Augen eine längliche Gestalt, der des gelben Fleckes ähnlich. Sie besitzt nach HENLE (114) einen Durchmesser von 0,2 bis 0,4 Mm. (nach MICHAELIS (21) $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$''') und eine ebenfalls individuell wechselnde Tiefe. Wie weit die Verdünnung der Netzhaut an dieser Stelle gehen kann, ist noch nicht genügend genau festgestellt.

Ein gelber Fleck mit *Fovea centralis* findet sich nur noch im Auge der Affen. Bei den übrigen Säugethieren ist nichts Analoges nachgewiesen; Andeutungen H. MÜLLER's (73) über Existenz einer *Area centralis* an der entsprechenden Stelle lassen jedoch auch hier Abweichungen vom Bau der anderen Retinatheile vermuthen. Bei den Vögeln ist zwar kein gelber Fleck, aber doch eine *Fovea centralis* ziemlich verbreitet gefunden worden (H. MÜLLER (73)). Besonders schön ist sie bei Raubvögeln und Krähen entwickelt. Ja viele Vögel lassen sogar deren zwei erkennen (z. B. die Falken). Ist nur eine Fovea vorhanden, so liegt sie entweder etwa in der Mitte des hinteren Augensegments, oder mehr nach der Schläfenseite. Die zweite Fovea liegt noch mehr nach der Schläfenseite zu und kann bis ganz nahe an die *Ora serrata* rücken (H. MÜLLER (83)). Unter den Reptilien ist beim Chamäleon eine sehr schön entwickelte *Fovea centralis* nachgewiesen worden (H. MÜLLER (81)); nach HULKE (113) findet sich eine solche auch bei Eidechsen, Schlangen und Schildkröten. Amphibien und Fische haben dagegen, soviel man jetzt weiss, keine Homologa der *Macula lutea* oder *Fovea centralis* aufzuweisen.

Die Färbung der *Macula lutea* hat nicht etwa in der Existenz eines körnigen Farbstoffs ihren Grund, sondern ist eine diffuse; alle Schichten der Netzhaut mit Ausnahme der Zapfenschicht und der Lage der äusseren Körner sind durch einen diffus zwischen die Formelemente der Netzhaut) abgelagerten gelben Farbstoff tingirt. Derselbe ist in Wasser und Weingeist löslich. Sein optisches Verhalten ist von M. Schultze (110) und Preyer (135) näher untersucht worden. Er absorbirt einen grossen Theil der blauen und violetten Strahlen und erscheint deshalb sein Spectrum, wie die Untersuchung mittelst des Browning'schen Mikrospectroscops ergab, am violetten Ende verkürzt; besondere Absorptionsstreifen sind nicht zu erkennen. Zu bemerken ist noch, dass beim neugeborenen Kinde noch keine gelbe Färbung der entsprechenden Stelle der Netzhaut wahrzunehmen ist: der Farbstoff entwickelt sich vielmehr erst nach der Geburt (Brücke) (28). Nur ausnahmsweise wurde von Leveillé (Journal de la société de santé de Bordeaux I. p. 115) einmal bei einem achtmonatlichen Foetus und von Berres (Isis 1833. S. 423) bei einem viermonatlichen eine schwache Färbung beobachtet (vergl. Brücke (28) S. 60 u. 61).

Weitere Eigenthümlichkeiten der *Macula lutea* und *Fovea centralis* bestehen darin, dass in ihrem Bereich sich keine Stäbchen mehr finden, sondern nur Zapfen, welche sehr lang und schmal sind, dass ferner die äussere Faserschicht Henle's hier ihre grösste Ausbildung erreicht, innerhalb der Macula die Ganglienzellenschicht ausserordentlich dick wird, die Nervenfaserschicht allmählich verschwindet, während im Grunde der Fovea alle Schichten mit Ausnahme der Lage der Zapfen und äusseren Körner auf ein Minimum reducirt sind.

In einem früheren Paragraphen wurde bereits der Verlauf der Nervenfasern zur *Macula lutea* geschildert. Ueberall am Rande und noch eine Strecke weit im Innern derselben senken sich die bogenförmig hinzutretenden Nervenfasern in die Ganglienzellenschicht hinein, so dass nach der Mitte der Macula zu die Nervenfaserschicht rasch sehr dünn wird und schliesslich verschwindet. Bei Flächenansichten dieser Gegend treten deshalb die Ganglienzellen schon unweit des Randes der *Macula lutea* sehr deutlich hervor und liegen bald ganz frei. H. Müller (60) hat die Entfernungen vom Mittelpuncte der Fovea, in welcher die von der Nervenfaserlage herrührende Streifung aufhört, an solchen Präparaten gemessen und gefunden, dass dieselbe auf der Seite der Eintrittsstelle des Sehnerven 250 μ, auf der entgegengesetzten Seite 350 μ, nach auf- und abwärts dagegen nur 180 μ beträgt.

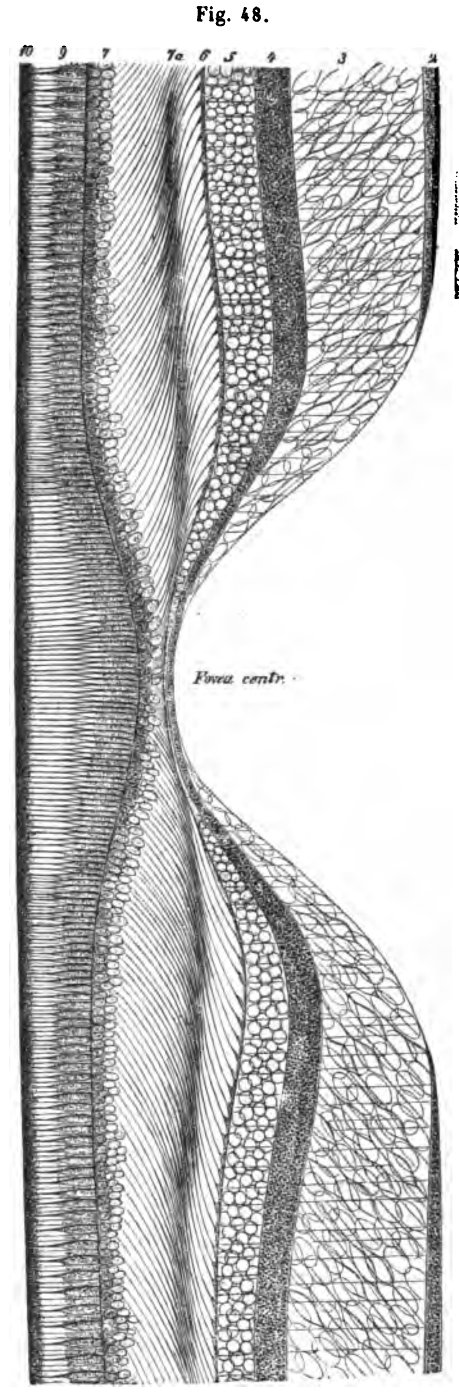
In diesen Entfernungen vom Centrum der Fovea hat aber bereits die Ganglienzellenschicht eine bedeutende Mächtigkeit erreicht (Fig. 48), wie überhaupt alle Schichten der Retina mit Ausnahme der Nervenfaserschicht in der Umgebung der *Fovea centralis* mehr oder weniger verdickt erscheinen. Wie oben bereits erwähnt, finden sich in der Umgebung der *Macula lutea* bereits 2 bis 3 Reihen Nervenzellen über einander. Die Zahl derselben und damit die Dicke der Schicht nimmt nun innerhalb des gelben Fleckes beständig zu, bis sie nahe am Rande der Fovea ihre grösste Mächtigkeit mit 8 Lagen von Ganglienzellen und 60 bis 80 μ Dicke erreicht. Nach dem Grunde der Fovea zu nimmt dann die Zahl der Lagen und die Dicke der Schicht wieder rasch ab. Wie sich diese Lage an der dünnsten Stelle der Netzhaut verhält, ist an Durchschnitten schwierig zu ermitteln, da nur selten genau das Centrum der Fovea durchschnitten werden

wird. Es finden sich deshalb gerade hierüber die widersprechendsten Angaben in der Literatur. Fest steht, dass die Ganglienzellenlage nie ganz verschwindet, dass sie ferner mit der Lage der inneren Körner zusammenfliesst (Henle) (114). Während aber nach H. Müller (60) auch im Grunde der Fovea noch etwa drei Lagen von Zellen sich vorfinden (vergl. auch die Abbildungen Fig. 512 von Henle (114) und Fig. 12, Tafel I von Merkel (143)) bilden sie nach Hulke (125) keinen geschlossenen Streifen mehr, sondern sie sind hier in ein fein areoläres Gewebe eingestreut.

Die Form der Ganglienzellen des gelben Fleckes (vgl. Fig. 22 *B*) ist eine birnförmige (Merkel) (143). Sie sind constant bipolar; der innere Fortsatz ist dünner und wird zu einer Nervenfaser; der äussere ist dicker, dringt gerade nach aussen bis in die innere Körnerschicht hinein und theilt sich nach Merkel wahrscheinlich immer in zwei Fasern, deren jede mit einem inneren Korn in Verbindung treten soll.

Die Verdickung der inneren granulirten Schicht und der Lage der inneren Körner innerhalb des gelben Fleckes ist nur eine geringe im Vergleich mit der bedeutenden Verdickung der Ganglienzellenschicht. Die erstere erreicht an ihrer dicksten Stelle höchstens 45 μ und nimmt nach dem Mittelpuncte der Fovea zu rasch ab, um hier gänzlich zu verschwinden (H. Müller) (60). Die innere Körnerschicht wird innerhalb der *Macula lutea* bis 60 — 80 μ dick und übertrifft

Fig. 48.



Schematischer Durchschnitt der Macula lutea und Fovea centralis des Menschen. Vergr. 110. 2 Opticusfasern, 3 Ganglienzellen, 4 innere granulirte Schicht, 5 innere Körner, 6 äussere granulirte Lage, 7a äussere Faser-, 7 äussere Körnerschicht, 9 Stäbchen und Zapfen, 10 Pigmentepithel. (M. Schultze, Retina. Stricker's Gewebelehre. Fig. 361. S. 1024.)

somit hier die Lage der äusseren Körner wie sie im grössten Theile der Retina ausgebildet ist, an Dicke. Dieser Dickenzunahme entspricht eine beträchtliche Zunahme der inneren Körner an Zahl und Grösse. Es können 9 bis 10 Reihen über einander liegen. In Folge ihrer bedeutenderen Grösse werden sie nun den Ganglienzellen dieser Gegend sehr ähnlich und lassen sich von denselben, wo beide Lagen, bedeutend reducirt, im Grunde der Fovea zusammenfliessen, kaum noch unterscheiden (Hulke (125), Henle (114)). Die einzelnen inneren Körner mit ihren feinen Fortsätzen sind ferner nicht senkrecht zur Fläche der Retina gestellt, sondern mehr oder weniger schief (Hulke) (125). Von der grösseren Dicke des peripherischen Fortsatzes kann man sich gerade an den inneren Körnern der *Macula lutea* leicht überzeugen (Merkel) (143). Diese Fortsätze sah Merkel innerhalb der äusseren granulirten Schicht in eigenthümlich plattenförmigen Verdickungen aufhören, die innerhalb der genannten Lage in ihrer Aneinanderreihung eine unterbrochene Linie darstellen. Nach dem, was oben über das Verhalten der äusseren Fortsätze der inneren Körner zur äusseren granulirten Schicht mitgetheilt wurde, liegt es nahe, auch hier diese plattenförmigen Verbreiterungen für den Ausgangspunct feiner zunächst in der äusseren granulirten Schicht sich verbreitender Fäserchen zu halten.

Das Verhalten der äusseren granulirten Schicht innerhalb des gelben Fleckes ist noch nicht genau untersucht. Wahrscheinlich fehlt sie im Grunde der Fovea gänzlich (vergl. Krause (132)). Dafür ist aber eine andere Lage, die von H. Müller (60) mit der vorigen als Zwischenkörnerschicht zusammen gefasst wurde, um so mächtiger entwickelt, die aus den bedeutend verlängerten Zapfenfasern sich zusammensetzende äussere Faserschicht Henle's.

Es wurde bereits oben als characteristisch für die *Macula lutea* und *Fovea centralis* das Fehlen der Stäbchen innerhalb der Stäbchen- und Zapfenschicht hervorgehoben. Zapfen bilden hier, wie Henle (37) entdeckte, die einzigen Formelemente, aber Zapfen ganz besonderer Art, schlanker und länger wie die der übrigen Stellen der Netzhaut. Vom Rande der *Macula lutea* an nimmt ihre Breite rasch nach dem Centrum der Fovea zu bedeutend ab. Während sie in den Randtheilen der *Macula lutea* noch 4 — 5 μ beträgt, ist der Durchmesser der Zapfen-Innenglieder im Bereich der *Fovea centralis* an frischen Präparaten im Durchschnitt zu 3 μ gefunden worden. Aber auch die Aussenglieder der Zapfen zeigen andere Verhältnisse, wie in den übrigen Theilen der Retina. Sie sind scharf gegen ihre Innenglieder abgesetzt, von bedeutenderer Länge, erreichen mit ihren Spitzen die äussere Grenze der Stäbchenschicht; dabei sind sie dünner und mehr cylindrisch gestaltet, an ihrem zugespitzten Ende nur noch 1 μ dick oder sogar noch dünner (M. Schultze (150)). Mit der Verschmälerung der Zapfen nimmt im gleichen Maasse die Gesammtlänge derselben zu und diese Verlängerung kommt hauptsächlich auf Rechnung der Aussenglieder. Nach H. Müller (60) sind die Zapfen der Fovea etwa 60 μ lang, während M. Schultze (109 S. 230) ihre Länge über 100 μ fand. Diese langen schlanken Zapfen gleichen also in ihren Form- und Grössenverhältnissen sehr den Stäbchen der Retina.

In Betreff des Durchmessers der Innenglieder der Zapfen im Bereich der *Fovea centralis* finden sich die verschiedensten Angaben. Henle (114) gibt ihn zu 2 μ an; indessen beziehen sich diese Angaben auf Alkohol-Präparate, wo man es also mit geschrumpften Elementen zu

thun hatte. H. MÜLLER (60) fand sie im Durchschnitt 3 μ dick, in einem sehr kleinen Bezirk in der Mitte der Fovea jedoch einigemal noch viel dünner: 1,5 bis 2 μ. M. SCHULTZE's frühere Mittheilungen, die sich auf erhärtete Präparate beziehn, geben 2—2,5 als Durchmesser an. H. WELCKER (87) endlich fand an ganz frischen Augen eines 64jährigen Mannes 3,1 bis 3,6 μ, also im Mittel 3,3 μ als Maass für die Dicke der Zapfenkörper. Die Dicke der Zapfenspitzen wird von H. MÜLLER zu 1,5 μ in der Peripherie des gelben Fleckes angegeben, in der Fovea ist sie kaum viel über 1 μ dick.

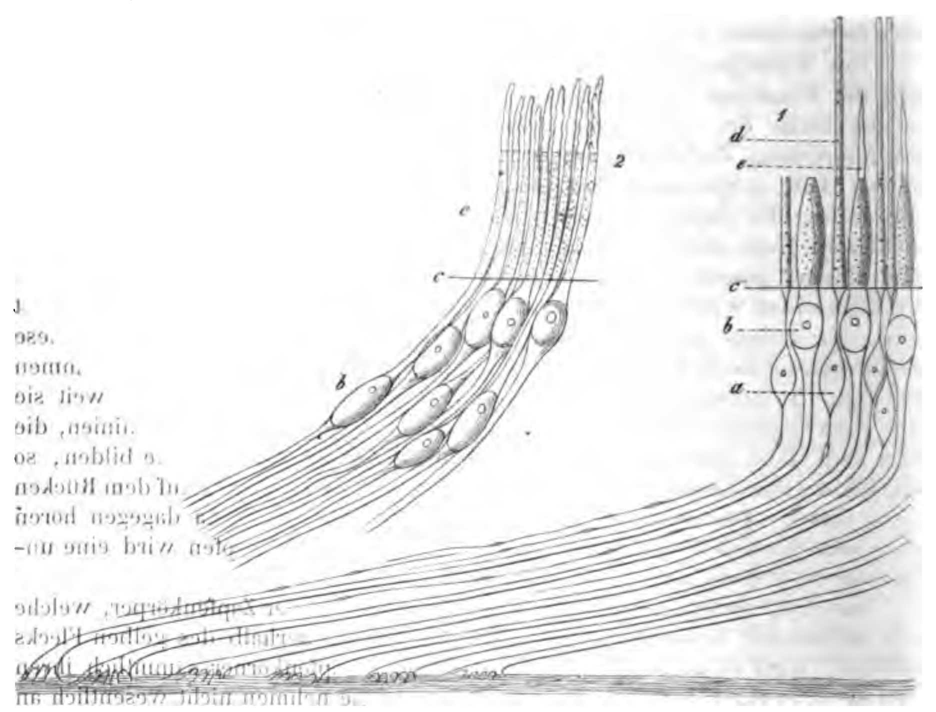
Die Aussenglieder der Zapfen der *Macula lutea* besitzen nach H. MÜLLER zuweilen noch einen blassen spitzen Aufsatz, der wahrscheinlich im Pigment steckt.

Von Wichtigkeit für die Frage nach der Schärfe des Sehens hat sich nicht blos die Kenntniss des Durchmessers der Zapfen-Innen- und Aussenglieder an der Stelle des deutlichsten Sehens ergeben, sondern auch die Kenntniss der Anordnung der Zapfen im Bereich der *Macula lutea* und *Fovea centralis*. HENSEN (106) zeigte zuerst, gestützt auf physiologische Betrachtungen, dass die Anordnung der Zapfen in dieser Gegend keine geradlinige sein könne; denn in diesem Falle müssten die feinen Liniensysteme einer Nobert'schen Probeplatte besser gesehn werden, wenn sie den Zapfenreihen parallel liegen, als wenn sie einen Winkel damit machen, was aber in Wirklichkeit nicht beobachtet wird. Er schloss deshalb auf eine krummlinige Anordnung der Zapfen. Diese Voraussetzung fand M. SCHULTZE (109) durch directe Beobachtung vollkommen bestätigt. Im grösseren Theile der *Macula lutea* stehen die Zapfen, so weit sie nach dem Centrum zu noch an Dicke abnehmen, regelmässig in Bogenlinien, die zwei sich unter spitzem oder rechtem Winkel schneidende Systeme bilden, so dass daraus eine Chagrinzeichnung hervorgeht, wie sie sich etwa auf dem Rücken vieler unserer Taschenuhren vorfindet. In der Mitte der Fovea dagegen hören diese regelmässigen Bogenlinien auf; die Anordnung der Zapfen wird eine unregelmässig krummlinige.

Durch die bedeutende Abnahme des Durchmessers der Zapfenkörper, welche eine bedeutende Vermehrung dieser Formelemente innerhalb des gelben Flecks gestattet, wird es unmöglich gemacht, dass die Zapfenkörner sämmtlich ihren Platz dicht an der *Limitans externa* finden; denn sie nehmen nicht wesentlich an Dicke ab. Wir finden deshalb hier drei bis vier Reihen von Zapfenkörnern über einander, was zur Folge hat, dass die nicht unmittelbar die äussere Begrenzungshaut berührenden durch dünne Stiele mit den Zapfen in Verbindung treten (Fig. 49). Nach MERKEL (143) unterscheiden sich die Zapfenkörner der *Macula lutea* durch eine mehr rundliche Form von den entsprechenden Elementen der anderen Netzhautpartieen. — Die Zapfenfasern der *Macula lutea* zeigen ebenfalls ungefähr dieselbe Dicke, wie anderwärts, zeichnen sich aber durch ihre ausserordentliche Länge aus. Da der Abstand zwischen *Limitans externa* und äusserer granulirter Schicht innerhalb des gelben Fleckes ausserordentlich vergrössert erscheint, die äusseren Körner überdies, wie bereits erwähnt, nur wenige Lagen unmittelbar an der *Limitans externa* bilden, so müssen die Zapfenfasern hier in ihrer grössten Ausdehnung vollständig frei liegen, eine äussere Faserschicht bilden, deren Dicke nach H. MÜLLER bis 170 μ betragen kann. Die auffallendste Erscheinung in dieser Lage ist der eigenthümliche Verlauf der Zapfenfasern (vergl. Figur 49). Schon H. MÜLLER hatte an vielen Präparaten eine schiefe oder wagerechte Faserung der Lage wahrgenommen, er glaubte dieselbe aber als eine hauptsächlich durch die Bildung der *Plica centralis* bedingte Lei-

chenerscheinung ansehn zu müssen, bis **Bergmann** (55) deren Präexistenz nachwies. An Schnitten senkrecht durch die Mitte der *Fovea centralis* überzeugt man sich, dass die Zapfenfasern schief nach beiden Seiten hin von der Mitte der Fovea verlaufen, um so schiefer, wagerechter, je näher der Mitte des gelben Fleckes.

Fig. 49.



1 Stäbchen (*d*) und Zapfen (*e*) mit ihren Fasern vom Rande der Macula lutea. Schiefer Verlauf der Stäbchen- und Zapfenfasern. 2 Aus der Fovea centralis des Menschen. *a* Stäbchenkörner, *b* Zapfenkörner, *c* Membrana limitans externa. Vergr. 500. (Nach M. Schultze (109). Tafel X, Figur 4 und 7.)

Auf das schiefe an das Zapfenkorn sich anschliessende Stück folgt unter einem stumpfen Winkel ein kürzeres fast rein horizontal verlaufendes und dies geht mit einem flachen Bogen, dessen Convexität nach aussen gerichtet ist, in die schräg an die äussere granulirte Schicht herantretende kegelförmige Endanschwellung über, die in ähnlicher Weise, wie in den anderen Gegenden der Retina mit feinen Fäserchen sich in die äussere granulirte Schicht einsenkt (M. Schultze). Verfolgt man nun die Schicht von den centralen Theilen der *Macula lutea* nach dem Rande derselben, so sieht man die Fasern sich nach und nach immer mehr von der nahezu horizontalen Lage entfernen, immer mehr sich aufrichten; sie werden dabei successiv kürzer und inseriren sich nun ohne längeren Umweg in der besprochenen Weise an der äusseren granulirten Schicht. Beim Auftreten der Stäbchen am Rande des gelben Fleckes haben die Fasern bereits einen rein radiären Verlauf, der nun bald durch die zahlreichen sich dazwischen lagernden

Stäbchenkörner mehr und mehr verdeckt wird, bis eine äussere Faserschicht von einer äusseren Körnerschicht nicht mehr zu unterscheiden ist.

Wenn schon aus Durchschnitten durch die *Macula lutea* sich ergibt, dass die Zapfenfasern in einer bestimmten Höhe, etwa in der Mitte der äusseren Faserschicht, einen nahezu horizontalen Verlauf besitzen, so ergeben dies Flächenschnitte noch deutlicher. Dieselben lehren zugleich, dass die Zapfenfasern vom Mittelpuncte der *Fovea centralis* aus nicht etwa nach zwei Seiten schräg ausstrahlen, sondern in allen Radien eines um diesen Mittelpunct beschriebenen Kreises (Merkel) (143), so dass also alle durch diesen Mittelpunct gelegte Dickenschnitte, gleichviel, welches sonst ihre Richtung, das oben beschriebene Bild gewähren müssen. Dagegen werden uns Schnitte, welche Sehnen jenes Kreises entsprechen, die Quer- oder Schrägschnitte der Zapfenfasern zeigen. Die Grenzcontouren derselben erscheinen dann an Präparaten aus Chromsäure (Blessig) (54) oder einem Chlorplatin-Chromsäure-Gemisch (Merkel) (143) sehr scharf und unter einander verklebt, so dass man beim ersten Blick ein feines Fadennetz mit rundlichen Maschen vor sich zu haben glaubt. Wie Merkel (143) nachwies, entspricht dasselbe querdurchschnittenen mit einander verklebten glashellen Scheiden, welche die Zapfenfasern umhüllen (vergl. oben § 23) und mit dem System der Müller'schen Stützfasern wahrscheinlich im Zusammenhange stehen.

Die Darstellung, welche Henle (114) vom Bau der äusseren Faserschicht nach Alkohol-Präparaten gibt, weicht in mancher Beziehung von der oben nach den Untersuchungen M. Schultze's (109) gegebenen ab. Nach Henle besteht die Schicht aus feinen, die Reactionen der Nervenfasern zeigenden Fibrillen. Dieselben sind bündelweise vereinigt und verlaufen wellenförmig und auf längere Strecken nahezu horizontal. In einer Entfernung von 2 Mm. vom Mittelpuncte der Fovea richten sich die Bündel auf und schliessen sich nun nicht mehr dicht aneinander, sondern lassen zwischen sich langgestreckte elliptische Zwischenräume.

Zwischen äusseren Körnern und äusserer Faserschicht fand Henle eigenthümliche kegelförmige Körperchen, die er für identisch hielt mit den kegelförmigen Anschwellungen der Zapfenfasern ausserhalb der *Macula lutea*. Merkel (143) wies nach, dass dieselben coagulirten Kittsubstanzmassen entsprechen, gewissermaassen die Ausgüsse der zwischen den innersten äusseren Körnern frei bleibenden Lücken sind. Er fand an Stelle der kegelförmigen Körperchen auch rocheneiartige oder ganz unregelmässige-Bildungen.

Endlich erwähnt Henle noch, dass er ausnahmsweise elliptische, nach dem Laufe der Fasern verlängerte Kerne in der äusseren Faserschicht gefunden habe (S. 664).

Die *Limitans externa* zeigt im Bereiche der *Fovea centralis*, wie M. Schultze (109) fand und Hasse (115) bestätigte, eine Abweichung von ihrem gewöhnlichen der äusseren und inneren Netzhautoberfläche parallelen Verlauf; sie wölbt sich nach innen convex vor, so dass in dem dadurch vergrösserten Raume zwischen ihr und der geradlinigen Pigmentschicht nun die bedeutend verlängerten Zapfen Platz finden können. Von Merkel (143) wird dagegen auch für die *Fovea centralis* ein Verlauf parallel der äusseren Oberfläche der Retina behauptet.

Dass die Radialfasern im Bereich des gelben Fleckes feiner sind, wie anderwärts, wurde schon oben (§ 14) besprochen. Ihre inneren Enden zeichnen sich durch ihre geringe Breite und die zahlreichen Theilungen aus (H. Müller). Im Grunde der *Fovea centralis* lassen sie sich nicht mehr nachweisen. Ihre äusseren Enden dringen auch hier, wenigstens in den Randpartieen des gelben Flecks als Faserkörbe in die Zapfenschicht hinein (M. Schultze) (151), während nach

Merkel (143) nach aussen von der *Limitans externa* nichts zum Stützapparate Gehöriges vorkommt.

Die Pigmentlage der Retina endlich zeichnet sich im Bereiche der *Macula lutea* durch schmälere dunkler gefärbte Zellen aus, deren Höhe eine beträchtlichere ist, wie an anderen Orten. Sie beträgt nämlich 16 μ, während die Breite dieser Zellen hier nur 10 μ misst. Die Höhe wird aber noch ansehnlich durch Pigmentfortsätze vermehrt, welche sich bis 10 μ weit zwischen die Elemente der Zapfenschicht hinein erstrecken. Es verhält sich hier also das Pigmentepithel der Netzhaut des Menschen ähnlich wie das der Vögel, Amphibien und Fische und haftet dem entsprechend auch viel fester an der Retina, wie in den Theilen ausserhalb der *Macula lutea* (vergl. oben § 25).

Es sei hier noch erwähnt, dass der Bau der *Macula lutea* der Affen vollständig mit dem der menschlichen Macula übereinstimmt. Auch die *Foveae centrales* der Vögel besitzen nur Zapfen und zwar constant von geringerer Dicke und grösserer Länge (H. Müller (83)), wie in der übrigen Netzhaut; beim Falken enthalten sie nur gelbe Oelkugeln (M. Schultze (109)). Ebenso sind beim Chamäleon die Zapfen der Fovea sehr dünn, nur ein Fünftel so dick wie die ausserhalb der Centralgrube befindlichen (H. Müller (84)) und von grösserer Länge, so dass auch hier, wie beim Menschen die *Limitans externa* sich in einem nach innen convexen Bogen von der Pigmentschicht entfernen muss, um Raum für die verlängerten Zapfen zu lassen. Auch der schräge Verlauf der Zapfenfasern ist beim Chamäleon und bei den Vögeln in der Fovea in ähnlicher Weise ausgebildet wie beim Menschen. Es werden jedoch bei jenem Reptil die schrägen Zapfenfasern unter spitzem Winkel von eigenthümlichen radiären Stützfasern gekreuzt (H. Müller). Im Bereich der Foveae der Vögel fand H. Müller (83) auch eine grössere Ansammlung von Ganglienzellen, als an anderen Orten der Vogel-Netzhaut.

§ 27. Das Ende der Retinaschichten an der Eintrittsstelle des Sehnerven.

Bei der Besprechung der *Papilla optici* wurde erwähnt, dass die Netzhaut an der Eintrittsstelle des Sehnerven auf der Seite des gelben Flecks gewöhnlich senkrecht abgeschnitten aufhört, auf der entgegengesetzten Seite dagegen meist einen zugeschärften Rand besitzt. Im ersteren Falle ist nur eine geringe Abnahme der Dicke der ganzen Retina (exclusive Nervenfaserschicht) beim Menschen zu constatiren; sämmtliche Schichten reichen gleich weit bis zum Sehnerven und hören hier leicht abgerundet auf. Besondere Eigenthümlichkeiten des feineren Baues vermochte ich hier nicht zu erkennen. Dagegen zeigt der zugeschärfte Rand der entgegengesetzten Seite einige interessante bisher nicht berücksichtigte Verhältnisse. Am weitesten nach dem Opticus zu reicht die Schicht der Stäbchen und Zapfen, vom Sehnerven meist noch (an Präparaten aus dem Merkelschen Chromsäure-Chlorplatin-Gemisch) durch ein eigenthümlich spongiöses Gewebe getrennt, das mit dem Sehnervenstamme im unmittelbaren Zusammenhange zu stehn scheint. Dann hören successive nach aussen davon die äussere Körnerschicht, innere Körnerschicht, innere granulirte und Ganglienzellenschicht auf, letztere beide ziemlich zu gleicher Zeit. Für fast alle gilt, dass ihre der Chorioides zugekehrten Seiten weiter nach dem Opticus zu reichen, als die entgegengesetzten, so dass sie also schräg abgestutzt sind. Die auffallendste Eigenthümlichkeit betrifft die äussere Körnerschicht. Da die äussere granulirte Schicht viel früher aufhört, wie die Lage der Stäbchen und Zapfen, so können die Fasern der dem Sehnerven benachbarten Stäbchen und Zapfen nicht mehr direct

radiär nach innen zur äusseren granulirten Schicht gelangen. Sie verlaufen vielmehr in schiefer Richtung durch die äussere Körnerschicht, so dass ihre inneren Enden weiter entfernt sind vom Opticusstamme, wie die äusseren, ein Verhalten, das also ganz an den schrägen Verlauf der Fasern innerhalb der *Macula lutea* erinnert. Ausser dieser schrägen Faserung der äusseren Körnerschicht bemerkt man aber noch eine andere, vom Sehnerven selbst hineinstrahlende, ebenfalls schräge, welche sich mit der zuerst erwähnten nahezu unter einem rechten Winkel kreuzt. Welcher Art diese Faserung, ob nervös, oder bindegewebig, vermochte ich bisher nicht zu entscheiden; ich vermuthe aber das Letztere. In einem Falle sah ich auch feine Fasern vom durchtretenden Opticus direct in die innere Körnerschicht ausstrahlen, bin aber über die Natur derselben ebenfalls noch im Unklaren.

Die Dicke der Schichten nahe am Sehnerven fand ich beim Menschen, wie folgt: äussere Körner 61 μ, äussere granulirte Schicht 10 μ, innere Körner 61 μ, innere granulirte Schicht 39 μ, Ganglienzellenschicht 39 μ.

Bei der Taube hören beiderseits vom Pecten alle Schichten ziemlich zugleich auf, aber sehr verdünnt und abgerundet. Dies geht aus folgenden Zahlen hervor.

Dicke der Schichten der Netzhaut der Taube.

	1) unmittelbar am Opticus.	2) 1 Mm. davon entfernt.
Stäbchen und Zapfen	0,0254	0,0660
Aeussere Körner (+ äussere granulirte Schicht)	0,0127	0,0254
Innere Körner	0,0254	0,0508
Innere granulirte Schicht	0,0305	0,0660
Ganglienzellenschicht	0,0076	0,0101
Summa	0,1016	0,2183

Es ist also die Retina der Taube excl. Sehnervenfaserschicht 1 Mm. vom Opticus entfernt mehr wie doppelt so dick, wie in der unmittelbaren Umgebung des Sehnerven.

§ 28. Ora serrata und Pars ciliaris.

Während die *Macula lutea* sich vor den übrigen Schichten der Retina durch die ausserordentliche Ausbildung des Sinnesepithels, durch eine stärkere Anhäufung nervöser Elemente und eine Abnahme der Stützsubstanz auszeichnet, ist der vordere, mehr oder weniger jäh zur *Pars ciliaris* abfallende gezackte Rand der Netzhaut durch eine reichlichere Entwicklung der Stützsubstanz, ein Zurücktreten der nervösen Elemente und allmähliches Schwinden des Sinnesepithels characterisirt. In einem engen Raume findet hier der Uebergang der noch typisch gebauten Retina, die allerdings schon in ihren sämmtlichen Schichten an Dicke abgenommen hat, schnell unter weiterer beschleunigter Abnahme aller Schichten an Dicke zu der dünnen aus einer einfachen Lage cylindrischer Zellen bestehenden *Pars ciliaris* statt. Namentlich beim Menschen ist der Uebergang ein sehr plötzlicher, indem alle für die *Ora serrata* characteristischen Veränderungen in einem Raume von nur 0,1 Mm. Breite vor sich gehn (H. Müller) (60). Der Rand der Retina zeigt sich hier auf meridionalen Schnitten meist mit jähem Abfall nach der *Pars ciliaris* zu, nicht selten mit zahn- oder hakenartigem Vorsprung. Wahrscheinlich entspricht letzteres Bild nicht den natürlichen Verhältnissen, sondern ist der Einwirkung der Reagentien zuzuschreiben. Bei vielen Säugethieren ist der Uebergang der Retina zur *Pars ciliaris* ein mehr allmählicher; es senkt sich die Retina weniger steil

ab; so z. B. beim Schwein (H. Müller), beim Rind (Merkel) (143). Die Veränderungen im Bau der Retinaschichten, welche für die *Ora serrata* characteristisch sind, nehmen dann eine grössere Strecke ein. Durch diese Veränderungen werden die Verschiedenheiten, welche sich im Bau der Netzhaut der verschiedensten Wirbelthiere leicht constatiren lassen, nahezu verwischt, so dass die *Ora serrata* derselben, so sehr auch sonst die Retina verschieden ist, sich sehr ähnlich verhält. Dies wurde von Merkel (143) für den Menschen, das Rind, Huhn, den Frosch und Hecht constatirt.

Die Veränderungen bestehen nun einmal, wie bereits früher erwähnt wurde, darin, dass die Müller'schen Stützfasern bedeutend an Stärke und Zahl zunehmen. Dies hat zur Folge, dass die innere granulirte Schicht eine viel dichtere radiäre Streifung, wie an anderen Orten erkennen lässt. Von den Schichten der Netzhaut verschwindet nach der *Ora serrata* zu zuerst die der Stäbchen und Zapfen (Merkel), nachdem bereits ihre einzelnen pallisadenförmigen Elemente an Länge abgenommen haben (von 50 bis zu 40 μ nach H. Müller (60)). Dabei bleibt aber bis dicht an die *Ora serrata* die Vertheilung der Stäbchen und Zapfen dieselbe, wie sie sich im grösseren Theile der Netzhaut findet; erst an der *Ora serrata* selbst nimmt plötzlich die Zahl der Stäbchen ab, während die Zapfen ihre Zahl und Stellung bewahren, ja wahrscheinlich an Zahl noch zunehmen. Es treten nun, da die Stäbchen fehlen, grössere Lücken zwischen ihnen auf. Flächenansichten dieser Gegend zeigen dann die Zapfen als grössere helle Kreise ohne Andeutung eines kleineren im Centrum, der dem Aussenglied entspräche, während einzelne kleinere helle Kreise, den Stäbchenenden entsprechend, dazwischen vertheilt sind (M. Schultze (109) Tafel XII, Fig. 4).

Das Verhalten der Nervenfasern und Ganglienzellen an der *Ora serrata* und ihr allmähliches Verschwinden wurde bereits oben besprochen. Beide Schichten sind schon in der Nähe der *Ora serrata* minimal, so dass auf ihr Verschwinden die plötzliche Dickenabnahme der Retina nicht zurückgeführt werden kann. Dieselbe hängt vielmehr vor Allem damit zusammen, dass die innere granulirte Schicht sich plötzlich nach vorn abrundet und so endet, dass ihr Durchschnitt einem abgestumpften Kegel gleicht. Die bereits reducirten Körnerschichten, deren Grenzen nicht mehr zu ziehen sind, bilden dann scheinbar den Uebergang zur *Pars ciliaris*; die innere Körnerschicht bleibt am längsten deutlich.

In der *Ora serrata* alter Leute findet sich sehr häufig eine eigenthümliche Veränderung, die bereits makroscopisch bei Betrachtung der inneren Oberfläche sichtbar ist. An einer verdickten Stelle zeigen sich bei Flächenansicht mäandrische helle Streifen. Diese entsprechen, wie Schnitte ergeben, unter einander communicirenden eine oder mehrere Schichten der Netzhaut durchsetzenden mit klarer Flüssigkeit erfüllten Lücken. Nach Merkel (143) finden sich diese Lücken am häufigsten in der äusseren Körnerschicht; sie sind meist elliptisch, mit der Längsaxe senkrecht zur Fläche der Retina gestellt und werden von Pfeilern durchzogen, die aus je einem Bündel kernhaltiger den Zapfenfasern ähnlicher Fasern bestehen. Sehr häufig stehen diese Bündel durch Querbrücken in Verbindung. Merkel nennt ihre Fasern, da die Bündel an ihren Enden Arkaden bildend bogenförmig in einander übergehn, Arkadenfasern und hält sie mit M. Schultze für besonders entwickelte Stützfasern. Aehnliche Arkadenfaserbündel mit elliptischen Lücken finden sich nicht selten in der inneren Körnerschicht. Beide

Lückensysteme können dann entweder noch durch die dünne äussere granulirte Schicht getrennt bleiben oder sie fliessen zu langen mächtigen Hohlräumen zusammen (IWANOFF (140)).

Diese eigenthümliche Veränderung wurde zuerst von BLESSIG (54) beschrieben und abgebildet. H. MÜLLER (60) und HENLE (114) gaben ebenfalls genaue Beschreibungen; ersterer erklärte sie für eine Leichenveränderung. IWANOFF (140) hat nun gezeigt, dass diese Veränderung, die von ihm und M. SCHULTZE als Oedem der Netzhaut bezeichnet wird, bei jungen Individuen gar nicht, bei Greisen dagegen recht häufig vorkommt. Von 22 Augen von Kindern bis zu acht Jahren zeigte kein einziges, unter 50 Augen von Erwachsenen (von 20—40 Jahren) zeigten nur sechs, und unter 48 Greisen-Augen (50—80 Jahre) 26 Oedem der Netzhaut. MERKEL (143) machte ähnliche Beobachtungen und fand die beschriebene Veränderung auch bei alten Hunden in ähnlicher Weise, während sie bei jungen nie vorkommt, und erklärt sie deshalb, wie auch M. SCHULTZE für eine Altersveränderung. Nach IWANOFF und M. SCHULTZE beschränkt sich aber dieser Process nicht blos auf die *Ora serrata*, sondern kommt auch circumscript in anderen Theilen der Netzhaut vor, z. B. im Aequator des Auges (M. SCHULTZE (150)).

Zu bemerken ist noch, dass die Hohlräume, welche in der Netzhaut alter Hunde auftreten, nach MERKEL (143) eine mehr kuglige Form besitzen und mit einer eigenthümlichen aus Zellen bestehenden Membran ausgekleidet sind.

Die *Pars ciliaris* steht an der *Ora serrata* continuirlich mit der Netzhaut in Verbindung, wie dies Meridionalschnitte durch beide lehren. Auch die Entwicklungsgeschichte zeigt, dass sie als ein bedeutend modificirter Theil der Netzhaut selbst anzusehn ist. Wie bereits früher öfter behauptet wurde und neuerdings KESSLER [1]) und LIEBERKÜHN [2]) mit Sicherheit nachgewiesen haben, entsteht die *Pars ciliaris* sowohl, wie die die innere Fläche des Ciliarkörpers und hintere Fläche der Iris bekleidende Pigmentschicht aus dem vordersten Theile der secundären Augenblase, und zwar die erstere aus dem inneren, die letztere aus dem äusseren Blatte derselben. Erstere reicht aber nur bis zum Ciliarrande der Iris, bekleidet also noch den ganzen Ciliarkörper, nicht aber mehr die hintere Fläche der Iris. Ihre Formelemente sind schöne Cylinderzellen (Fig. 50), welche pallisadenförmig auf der inneren Oberfläche des Ciliarkörpers aufsitzen. Sie sind beim Menschen in der Nähe der *Ora serrata* 40 bis 50 μ hoch und nur 5 bis 8 μ breit (H. MÜLLER (60)), werden aber auf der Höhe der Ciliarfortsätze bedeutend niedriger; bei Thieren sind sie meist gleich von Anfang an viel niedriger, so beim Schwein, bei Tauben und Hühnern; bei letzteren misst ihre Höhe nur 12 μ. Die Substanz der Zellen ist feinkörnig oder äusserst fein in der Längsrichtung gestrichelt, ohne dass sie sich jedoch in Fibrillen zerlegen liesse (M. SCHULTZE (150)); der schöne ovale hyaline Kern liegt gewöhnlich nahe der Pigmentschicht. Ihre der *Zonula ciliaris* zugekehrten Enden sind bald sanft abgerundet, bald gerade abgestutzt und in diesem Falle verbreitert oder in Aeste getheilt, die ebenfalls scharf abgeschnitten am Glaskörper aufhören; andere erreichen diesen nur mit einem zugespitzten Ende (H. MÜLLER (60), M. SCHULTZE

---

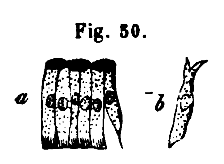
1) Untersuchungen über die Entwickelung des Auges, angestellt am Hühnchen und Triton. Dorpat 1871.

2) Ueber das Auge des Wirbelthier-Embryo. Marburg 1872.

(150)). Auch ihre Längsseiten sind nicht immer glatt, sondern greifen mit feinen Zäckchen und Rauhigkeiten in einander. Zuweilen erscheint das dem Pigment zugekehrte Ende selbst etwas pigmentirt.

Ausser diesen cylindrischen Zellen lässt sich im Bereich der *Pars ciliaris* noch eine glashelle Membran nachweisen, welche deren innere Fläche bekleidet und namentlich den Bergen der Zonulafalten, also den zwischen den Ciliarfortsätzen befindlichen Thälern entsprechend fest mit dem Strahlenbändchen verwachsen ist, so dass sie hier bei Isolirungsversuchen diesen folgt; sie lässt sich jedoch durch längere Maceration in dünnen Lösungen von *Kali bichromicum* davon trennen und erscheint auf der den cylindrischen Zellen der *Pars ciliaris* zugekehrten Seite mit zahlreichen, unregelmässige Maschenräume einschliessenden netzförmigen Leistchen und davon abgehenden Zäckchen bedeckt. Letztere sieht man bei Profilansichten des Ciliarkörpers deutlich zwischen die Cylinderzellen hineinragen (Schwalbe (147), Manfredi (148)). Ich halte diese Membran für die Fortsetzung der *Limitans interna* der Netzhaut und die davon abtretenden Zacken und Leisten für die Homologa der Müller'schen Stützfasern, wenn ich auch nicht leugnen will, dass die Cylinderzellen selbst durch manche ihrer Eigenschaften: die verbreiterten, oft getheilten Enden, die zackigen Ränder an Stützfasern erinnern. Für modificirte Stützfasern werden sie denn auch in der That von Kölliker (127), Merkel (143) und M. Schultze (150) gehalten, obwohl Schnitte durch die *Ora* und *Pars ciliaris* durchaus nicht so deutliche Uebergangsbilder von Stützfasern zu Cylinderzellen gewähren, wie Kölliker meint. Denn man sieht nur den Rest der Körnerschicht in eine undeutlich senkrecht faserige Masse übergehn, in welche zahlreiche rundliche oder ovale Kerne eingelagert sind (H. Müller (60)), zwischen welchen anfangs die Zellencontouren nicht recht deutlich erscheinen. Es liegt näher, mit E. Brücke (28) diese Cylinderzellen der *Ora serrata* mit den indifferenten Bildungszellen der Retina zu vergleichen; in der Retina entwickeln sich dieselben zu den mannichfachen beschriebenen Elementen theils nervöser Natur, theils einem Stützapparat angehörig; in der *Pars ciliaris* dagegen bleiben sie gewissermaassen embryonal. Welches ihre physiologische Bedeutung sei, ist nicht bekannt. Da sie sehr an manche Drüsenzellen erinnern, wäre es denkbar, dass sie einen eigenthümlichen noch unbekannten Einfluss auf die Zusammensetzung der aus den Blutgefässen in den Petit'schen Canal und Glaskörper filtrirenden Flüssigkeit ausüben.

Fig. 50.



Zellen der Pars ciliaris retinae vom Menschen. *a* mit drei Pigmentzellen, *b* isolirt. Vergr. 300. (Nach H. Müller (60) Figur 22.)

Aus der oben angeführten Thatsache, dass die Zellen der *Pars ciliaris* sich an die umgewandelte Körnerschicht anschliessen, hat man früher geschlossen, dass sie mit den »Körnern« identisch und letztere nicht nervöser Natur seien (Henle (20), Arnold (2)). Pacini (26 vertrat die entgegengesetzte Meinung und hielt jene cylindrischen Zellen sogar für eine Fortsetzung der Ganglienzellen. Neuerdings hat Manfredi (148) Beobachtungen publicirt, die sich an die meinigen am nächsten anschliessen.

§ 29. Blut- und Lymphbahnen der Netzhaut.

Das Blutgefässsystem der Retina ist mit Ausnahme eines kleinen der Papille benachbarten Theiles ein vollkommen abgeschlossenes und wird von den mit

ihren Aesten und Aestchen bis zur *Ora serrata* vordringenden *Vasa centralia* dargestellt. An der *Ora serrata* findet durchaus keine Communication mit dem Gefässnetz der Chorioides statt; die einzige Stelle, wo das Netzhautgefässsystem mit dem Ciliargefässsysteme communicirt, ist die Gegend der *Papilla optici*. Hier lösen sich aus dem Skleralgefässkranze stammende Zweige mit Aestchen der Centralgefässe in einem gemeinsamen Capillarnetze auf.

An der Oberfläche der *Papilla optici* theilen sich *Arteria* und *Vena centralis retinae* in ihre Hauptäste, die Vene meist früher wie die Arterie. Im Allgemeinen begleiten die Venen die Arterien, und verläuft je ein Hauptast derselben nach oben, ein anderer nach unten, um sich aber alsbald wieder in zwei Aeste zu theilen, die divergirend im Bogen nach innen und aussen ziehen. Die die ausgedehnteren äusseren Netzhautpartieen versorgenden Hauptäste sind meist grösser wie die inneren. Die Theilungen erfolgen dichotomisch. Gerade nach aussen zur *Macula lutea* dringt kein grösserer Zweig der Arterie und Vene; dieselbe wird vielmehr von den Gefässen im Bogen umzogen, wobei letztere von allen Seiten kleinere Gefässe in den gelben Fleck hinein senden, ebenso wie von der Papille direct einige feine Gefässe dorthin verlaufen. In der *Macula lutea* dringen Capillaren bis zum Rande der *Fovea centralis* vor, wo sie schlingenförmig umbiegen, so dass die Fovea selbst gefässlos ist. Auch nach anderen Richtungen ziehen feine Gefässe von der Papille aus radiär in die Retina hinein.

Die Hauptäste der Centralgefässe liegen beim Beginn ihrer Ausbreitung entweder an der inneren Fläche der Nervenfaserschicht oder in dieser selbst, in welcher nun auch die weitere Theilung in die stärkeren Aestchen erfolgt. Von diesen treten dann senkrecht zur Fläche der Netzhaut Zweige ab, die in verschiedenen Höhen sich in weitmaschige Capillarnetze auflösen, deren eines in der inneren granulirten Schicht nahe der inneren Körnerschicht, ein anderes an der äusseren Grenze der letzteren gelegen ist. In die nach aussen davon befindlichen Schichten dringen nie Blutgefässe hinein.

Von dieser der Retina des Menschen zukommenden Gefässvertheilung weicht die in der Netzhaut vieler Säugethiere bedeutend ab. Während Affen, Raubthiere und Wiederkäuer keine auffallende Differenz zeigen, besitzt die Retina des Kaninchens und Hasen nur Gefässe, soweit die beiden weissen myelinhaltigen Stellen reichen, das Pferd nur in einem ganz geringen Bezirk um die Papille herum (H. Müller (72)). Bei Vögeln, Amphibien und Fischen fehlen Netzhautgefässe vollständig; bei ersteren tritt dafür der ausserordentlich gefässreiche weit in den Glaskörper hineinragende Kamm auf, in den beiden letzteren Thierklassen werden die Retinagefässe durch eine gefässreiche Hyaloidea ersetzt (Hyrtl (75), H. Müller (72)).

Der feinere Bau der Arterien der Netzhaut zeigt nichts Eigenthümliches. Dieselben sind dünner wie die Venen und besitzen eine wohlentwickelte *Muscularis* und *Elastica interna*. Dagegen zeigen Capillaren und Venen sehr eigenthümliche Verhältnisse. Die Capillaren bestehen nicht aus e i n e m Endothelrohr, sondern aus zwei locker und verschiebbar in einander steckenden; nach Alkohol-Carmin-Behandlung sieht man das innere Rohr meist deutlich vom äusseren abstehen und stellenweise faltig collabirt. Die Wand der Venen unterscheidet sich nun in nichts weiter von der der Capillaren als dadurch, dass das äussere Endothelrohr eine Verstärkung erhält durch ein eigenthümlich fasriges kernhaltiges Gewebe, das reticulärem Bindegewebe nicht unähnlich sieht und dessen bereits Kölliker gedenkt. Es ist offenbar auch identisch mit dem Ueberzug von »Spinnenzellen«,

den Boll (168) von den Gefässen des Gehirns und Rückenmarks beschreibt. Musculöse Elemente konnte ich in dieser Wand nicht nachweisen, so dass dieselbe nur aus dem fasrigen Gewebe mit innerem Endothel besteht, innerhalb dessen, oft durch einen deutlichen Zwischenraum getrennt, ein zweites einfaches Endothelrohr steckt.

Dieser eigenthümliche Bau der Capillaren und Venen der Netzhaut findet seine Erklärung durch den Nachweis der Lymphbahnen der Retina. Die ersten Nachrichten über dieselben verdanken wir His (102), dem es gelang, durch Injection der Blutgefässe unter starkem Druck die Injectionsmasse unter Sprengung der Gefässwand in perivasculäre Bahnen übertreten zu sehn. Diese Räume umgeben nach His Capillaren und Venen vollständig, während die Arterien von Lymphbahnen wahrscheinlich nur streifenweise begleitet werden. Die Injectionsmasse liegt nach His ganz ausserhalb der Gefässwand. Nach meinen Untersuchungen lassen sich perivasculäre Canäle der Netzhaut regelmässig füllen, zugleich mit den Lymphgefässen des Sehnerven, wenn man Berliner Blau oder Alkannin-Terpentin unter die Pialscheide des letzteren injicirt. Besonders schöne Präparate erhält man frisch mit Alkannin-Terpentin, oder nach kurzer (12stündiger) Einwirkung 60procentigen Alkohols auf die betreffenden Augen (Mensch, Schaaf, Schwein, Rind) mit Berliner Blau. Es ist dann scheinbar die venöse Gefässverästlung der Netzhaut, bis in die Capillaren hinein, injicirt. Die Arterien sah ich dagegen in den meisten Fällen ohne farbige Masse. Eine genauere Untersuchung der scheinbar injicirten Venen und Capillaren ergibt, dass innerhalb des inneren Endothelrohrs, also in der Blutbahn, sich keine Spur von Injectionsmasse befindet, sondern stets nur zwischen äusserem und innerem Endothelrohr. In den Arterien lag, falls Injection vorhanden (dies wurde nur in wenigen Fällen mit Alkannin-Terpentin erzielt), die Masse stets ausserhalb der Muscularis. Blut- und Lymphstrom werden somit in den Venen und Capillaren nur durch ein einfaches dünnes Endothelhäutchen getrennt.

Ausser diesen perivasculären Räumen sieht man aber bei demselben Verfahren zahlreiche feine Streifen in radiärer Richtung eine Strecke weit von der *Papilla optici* ausstrahlen, eine zierliche Strahlenfigur darstellend. Dieselbe erklärt sich dadurch, dass hier die Zwischenräume zwischen den Bündeln der Nervenfasern in ähnlicher Weise gefüllt sind, wie innerhalb des Sehnervenstammes; dem radiären Verlauf derselben entsprechend müssen sie in der Retina als radiäre Linien auftreten. Endlich füllt sich fast immer eine mehr oder weniger grosse Strecke eines schalenförmigen capillaren Raumes zwischen *Membrana limitans interna* und *Hyaloidea* und sehr häufig dringt Masse zwischen Pigmentschicht und Stäbchenschicht der Netzhaut ein, eine partielle Ablösung derselben herbeiführend. Diese beiden letzten Resultate sind bereits oben besprochen und verwerthet worden. Nie füllt sich aber ein Raum zwischen *Limitans interna* und Opticusfaserschicht. Was Henle und Merkel (142) dort und in entsprechender Weise von der Oberfläche des Cerebellum als einen Lymphraum bezeichnen, ist ein Kunstproduct, worin ich Boll (168 S. 99) beistimmen muss. Dass man dort zuweilen Lymphkörperchen antrifft, kann uns nach den Erfahrungen über die Wanderungen der weissen Blutkörperchen nicht wundern.

§ 30. **Der Zusammenhang der Netzhautelemente und die Endigung des Sehnerven.**

Wir haben in der Beschreibung der einzelnen Schichten der Netzhaut Formelemente der verschiedensten Dignität kennen gelernt und nach ihrer Form und Lagerung beschrieben, ohne bisher die Frage nach der Art des Zusammenhangs derselben, nach der letzten Endigung der Sehnervenfasern besprochen zu haben. Die Beantwortung dieser Frage muss nothwendig zu einer Scheidung der Netzhautelemente in nervöse und nicht nervöse führen, und muss um so vollständiger ausfallen, je besser die Trennung dieser beiden Arten von Elementartheilen gelingt.

Welche Gebilde in der Retina als die letzten Enden des Opticus, als die lichtempfindenden Apparate anzusehn seien, ist bis in die neueste Zeit in verschiedener Weise beantwortet worden, je nach der Methode, welcher man sich zum Nachweis bediente, je nach der zeitweiligen Anschauungsweise. Wir sehen auch hier wieder die eigenthümliche Erscheinung, dass anfangs als wohlbegründet angesehene Meinungen später durch gerechte Einwände an Boden verloren, ja ganz entgegengesetzten weichen mussten, bis wieder die ursprüngliche Auffassung, allerdings in wesentlich veränderter geläuterter Form aus dem Kampfe hervorgegangen ist.

Der erste systematische Untersucher des feineren Baues der Netzhaut, Treviranus (6), dem nächst Leeuwenhoek (s. Henle (20) S. 783) die Entdeckung der Stäbchen zugeschrieben wird, hielt dieselben für die freien directen Enden der Sehnervenfasern, für deren Endpapillen. Seiner Auffassung schlossen sich im Wesentlichen Gottsche (8), Volkmann (7), Mayer (13) und anfangs auch Henle an, von denen ersterer zuerst die Doppelzapfen der Fisch-Netzhaut beschrieb. Sie theilten auch die irrige Meinung von Treviranus, dass die Stäbchen sich auf der inneren Seite der Sehnerven-Ausbreitung befänden. Es konnte nicht ausbleiben, dass mit dem Nachweis der wahren Lagerung dieser Elemente, der zuerst durch Michaelis (21) geliefert, dann namentlich durch Hannover (24) ausführlich begründet wurde, eine vollkommene Reaction eintrat. Es wurden überdies nach und nach die anderen Elemente der Netzhaut bekannt, wenn man auch anfangs ihre Lagerungsverhältnisse nicht gleich richtig erkannte. Da es nun bei genauerer Untersuchung noch nicht gelang, einen Zusammenhang der Nervenfasern mit diesen Elementen, geschweige denn den am weitesten nach aussen gelegenen Stäbchen und Zapfen nachzuweisen, so ging man von einigen Seiten sogar so weit, nicht nur die nervöse Natur der Stäbchen und Zapfen, sondern auch der übrigen Elemente der Retina in Abrede zu stellen, selbst dann noch, als bereits von Corti (31) der sichere Nachweis des Zusammenhanges der Opticusfasern mit den Ganglienzellen der Retina geliefert worden war. Bidder und seine Dorpater Schule sind als Vertreter dieser Richtung zu nennen. Am weitesten ging Blessig (54), der nur die Opticusfasern für nervös hält, die Ganglienzellen für Bindegewebsmaschen erklärt. Wenn nun auch namentlich seit den Untersuchungen von H. Müller diese Auffassung in ihrer extremen Form keine Vertreter mehr finden konnte, so schwankten doch die Anschauungen in Betreff der Natur der Stäbchen und Zapfen noch gar sehr hin und her. Auf Grund physiologischer Betrachtungen waren Kölliker (34) und H. Müller (35) gleichzeitig zu der Vorstellung gekommen, dass die Stäbchen und Zapfen die

Licht percipirenden Elemente der Retina seien, die Opticusfasern dagegen gegen Licht unempfindlich, nur leitende Elemente, eine Annahme, die schon in den Experimenten von DONDERS und VAN TRIGT, noch mehr aber in den klaren Auseinandersetzungen H. MÜLLER's (60) und dessen Versuchen, die Purkinje'sche Aderfigur betreffend (53), ihre volle Bestätigung fand. H. MÜLLER lieferte den Nachweis, dass die Purkinje'sche Aderfigur durch den Schatten, welchen die Netzhautgefässe auf die Licht percipirende Schicht werfen, entstehn und dass diese lichtpercipirende Schicht nach der berechneten Grösse des Abstandes des Schattens von den Gefässen nur die Stäbchenschicht sein könne.

Eine genaue morphologische Untersuchung der Stäbchen und Zapfen zeigte nun aber andererseits wieder so viel Uebereinstimmendes, wenigstens im feineren Bau der letzteren mit dem, was damals als Bindegewebe der Retina bezeichnet wurde, dass man die Zapfen wieder für Bindesubstanzgebilde erklären konnte (M. SCHULTZE 1859 No. 67). Diese Meinung fand eine wesentliche Stütze in Arbeiten der Dorpater Schule, die im Wesentlichen nach zwei Richtungen hin ausgeführt wurden. Die Thatsache, dass nach Durchschneidung von Nervenstämmen die durch den Schnitt ausser Verbindung mit ihrem Centralorgan gesetzten nervösen Elemente degeneriren, veranlasste zuerst LENT (57), die Veränderungen der Retina nach Durchschneidung des Sehnerven zu studiren. Seine Versuche blieben indessen resultatlos und wurden von LEHMANN (59) wieder aufgenommen. Er fand, dass 20 Tage nach der Durchschneidung des Sehnerven eines Hundes von allen Schichten der Netzhaut nur die Nervenfaserschicht atrophisch geworden war, und schloss daraus, wie BLESSIG (54), dass alle anderen Lagen, selbst die der Ganglienzellen, dem Bindegewebe zuzurechnen seien. KRAUSE (132) wiederholte die Lehmann'schen Versuche am Kaninchen und Huhn und fand drei Wochen nach der Durchschneidung des Sehnerven nicht nur die Sehnervenfasern, sondern auch die Ganglienzellen fettig degenerirt, die Stäbchen und Zapfen dagegen und ihre Fasern und Körner vollständig intact. Er wurde durch diesen Befund veranlasst, das Ende der Opticusfasern nicht in den Stäbchen und Zapfen, sondern in der inneren Körnerschicht zu suchen (vergl. oben § 19) und erklärte im Anschluss an die Auseinandersetzungen von BRÜCKE (23) Stäbchen und Zapfen für einen lediglich »katoptrisch-dioptrischen Apparat«, Stäbchen- und Zapfenfasern für bindegewebig. In neuester Zeit sind von BERLIN (160) diese Versuche mit ähnlichem Erfolge an Kaninchen und Fröschen wiederholt worden. Nach der Durchschneidung des Sehnerven trat eine Atrophie der Nervenfaser- und Ganglienschicht, aber auch der inneren granulirten Schicht ein, während die Stäbchen intact blieben.

Zu ganz ähnlichen Resultaten wie LEHMANN und KRAUSE gelangten v. WAHL (66) und MANZ (146) auf einem anderen Wege, durch Untersuchung der Netzhaut anencephaler Missgeburten. Beide fanden, wie den Sehnervenstamm, so auch seine Aubreitung auf der Retina vollständig atrophisch. Die Ganglienzellen fand v. WAHL intact, MANZ vermisste sie dagegen vollständig, während die äusseren Schichten der Netzhaut, auch die der inneren Körner, vollkommen gut erhalten waren. Während aber v. WAHL sich unbedingt in der Auffassung der Netzhautbestandtheile an BLESSIG und LEHMANN anschliesst, ist MANZ vorsichtiger in seinen Schlussfolgerungen und gibt die Möglichkeit einer anderen Erklärung seiner Befunde zu. Und in der That können die Beobachtungen an Augen von

Anencephalen ebensowenig uns über das letzte Ende der Sehnervenfasern belehren, wie die von LEHMANN und KRAUSE ausgeführten Durchschneidungsversuche. Letztere Methode ist überdies nicht fehlerfrei und da, wo es sich um die Verfolgung feinster Nervenfäserchen handelt, wie in der Retina, offenbar gar nicht anwendbar. Denn wer will mit Sicherheit in der inneren Körnerschicht oder überhaupt in einer nach aussen von den Ganglienzellen gelegenen Schicht degenerirte Nervenfäserchen von normalen in der Masse der anderen Formelemente unterscheiden? Das wäre jedenfalls bei dem Stande unserer heutigen Methoden ein sehr gewagtes Unternehmen. Warum degeneriren ferner nicht die inneren Körner, die doch von den meisten Forschern, und selbst von KRAUSE, in ihrem grösseren Theile für nervös erklärt werden? Wenn dies trotzdem, dass sie nicht degeneriren, geschieht, so ist man offenbar auch berechtigt, Stäbchen und Zapfen trotz der Durchschneidungsversuche für nervös zu erklären. Aber man hat dies meiner Meinung nach gar nicht nöthig in dem Sinne zu thun, wie es bisher meistens geschehen ist. Meiner bereits mehrfach begründeten Meinung nach entsprechen die äusseren Körner nicht kleinen bipolaren Ganglienzellen, sondern sind nichts weiter wie kernhaltige Anschwellungen eigenthümlicher mit stäbchenförmigen Aufsätzen versehener Sinnes-Epithelien, deren jede aus Stäbchen resp. Zapfen, äusserem Korn und Faser besteht. Man wird aber von solchen Gebilden nicht erwarten können, dass sie nach Nerven-Durchschneidung degeneriren; wenigstens ist noch kein analoger Fall in der Literatur bekannt. Aus denselben Gründen kann ich auch die Deutung, welche namentlich v. WAHL den Befunden an Augen Anencephaler gegeben hat, nicht anerkennen. Wir erfahren dadurch nichts über die letzten Enden des Sehnerven; sie beweisen nichts gegen die vor Allen von H. MÜLLER so glänzend durch physiologische Beweise gestützte Ansicht, dass die Stäbchen und Zapfen, die mit den leitenden Opticusfasern im Zusammenhange stehenden Licht empfindenden Elemente der Netzhaut sind.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, hier alle die Gründe, welche H. MÜLLER geschickt zur Unterstützung seiner Ansicht herbeigezogen hat, aufzuzählen; lediglich die der anatomischen Untersuchung entnommenen Beweise sollen hier Platz finden und näher begründet werden. Für den Physiologen sind wohl die Müller-schen Auseinandersetzungen überzeugend genug, und dürfte es wohl kaum einen Physiologen heut zu Tage geben, der nicht diese Ansicht theilt, der nicht zugleich von der Anatomie mit Nothwendigkeit den Nachweis eines continuirlichen Zusammenhanges der percipirenden Elemente mit Nervenfasern oder wenigstens eine innige Berührung beider Arten von Formelementen verlangt. Die folgenden Zeilen sollen in übersichtlicher Weise darlegen, wie weit dies bisher gelungen ist.

Erleichtert wird uns die Aufgabe wesentlich durch die Erkenntniss, dass Stäbchen und Zapfen mit ihren Fasern und Körnern direct zusammenhängen und ein jedes mit einem jeden dieser Elemente eine Zelle darstellt. Wir haben offenbar nur nöthig, bis zum Grunde dieser Gebilde, also bis an die äussere Grenze der äusseren granulirten Schicht Nervenfasern zu verfolgen und ihren Zusammenhang mit den kegelförmigen Anschwellungen der Stäbchen- und Zapfenfasern oder ihre innige Anlagerung an dieselben nachzuweisen, um der physiologischen Anforderung zu genügen.

Um dies mit Erfolg thun zu können, haben wir uns aber zunächst die Frage vorzulegen, was denn in den nach innen von den Zapfenfaserkegeln gelegenen Schichten nervös sei, was nicht. Wir haben bisher sicher als nervös erkannt die Nervenfasern und Ganglienzellen; im hohen Grade wahrscheinlich ist die nervöse Natur des grösseren Theiles der inneren Körner, deren Ausläufer ganz den Character feinster Nervenfasern besitzen. Die Ganglienzellen verästeln sich in der inneren granulirten, die äusseren Fortsätze der inneren Körner breiten sich in der äusseren granulirten Schicht aus. Beide granulirte Schichten sind ihrer Hauptmasse nach offenbar nicht nervös, sondern bilden nur ein schützendes stützendes Lager für die feine Nervenausbreitung. In gleicher Weise muss man aber, da nirgends ein Zusammenhang mit anerkannt nervösen Gebilden nachgewiesen ist, das ganze System der Radialfasern mit ihren Kernen der Stützsubstanz der Netzhaut zurechnen. Ich empfehle diesen Namen anstatt des bisher gebräuchlichen Namens »Bindesubstanz der Netzhaut« für das System der Stützfasern und die beiden granulirten Schichten in Anwendung zu bringen aus den bereits in der Einleitung entwickelten der Histogenese entnommenen Gründen. Als Bindesubstanz der Retina hat man nun aber noch schalenförmige Hüllen der Elemente der Ganglienzellenschicht und der inneren Körner beschrieben, die mit Ausnahme der von den Stützfasern sich abzweigenden, nur an Alkohol-Osmiumsäure-Präparaten und dergl. zur Beobachtung kommen, während man im frischen Zustande, nach Maceration in Jodserum oder in Kochsalzlösungen von 10 pc. nichts davon sieht. Es sind dies weiter nichts, wie die Lücken zwischen den Formelementen ausfüllende durch Alkohol etc. gerinnende Ansammlungen einer den Kittsubstanzen des Körpers verwandten Substanz, die im Leben nahezu flüssiger Natur ist. Wenigstens erklären sich aus dieser Annahme allein die Resultate, welche Carter (149) bei der Blutgefäss-Injection einer Katzen-Retina erhielt. Die rothe Injectionsmasse extravasirte in ein feines zwischen den Formelementen der Netzhaut gelegenes Netzwerk, das ich geneigt bin für identisch mit dem Kittsubstanz-Netz der inneren Körnerschicht zu halten. — Ausser der Stützsubstanz und Kittsubstanz haben wir endlich noch eine dritte Art nicht nervöser Elemente in der Retina kennen gelernt, von denen man eher den Ausdruck »Elemente der Bindesubstanz« gebrauchen kann. Sie sind platte Zellen, welche eine grosse Aehnlichkeit mit den fixen Zellen des Bindegewebes, den Endothelzellen besitzen und am zahlreichsten in der Schicht der Sehnervenfasern sich vorfinden. Sie stammen möglichenfalls nicht aus dem ursprünglichen Gewebe der primären Augenblase, sondern von echten Bindesubstanzen ab. Die Zellen der äusseren granulirten Schicht dagegen muss ich nach Allem (s. oben § 20) zur Stützsubstanz der Retina rechnen.

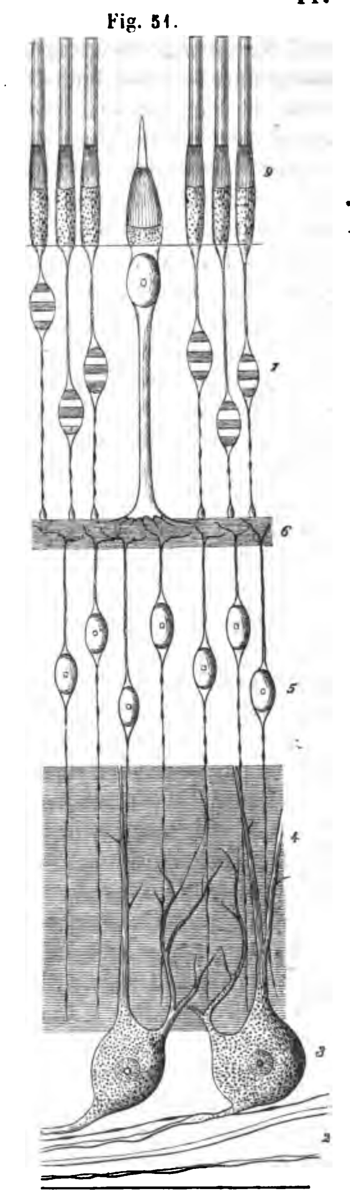
Das System der Ganglienzellen und inneren Körner ist also in der Netzhaut allein als nervös anzuerkennen und ist es unsere Aufgabe die Art des Zusammenhangs dieser Elemente unter einander und mit dem Neuroepithel nachzuweisen. Was darüber mit Sicherheit bekannt ist, ist nach meinen Erfahrungen Folgendes (vergl. das nebenstehende Schema Fig. 51): Jede Ganglienzelle verbindet sich mit einer Sehnervenfaser und schickt nach aussen einen oder mehrere Fortsätze in die innere granulirte Schicht. Einer dringt in ziemlich gerader Richtung durch dieselbe hindurch bis in die innere Körnerschicht, die anderen, die man als seitliche Fortsätze bezeichnen kann, lösen sich in der inneren granulirten zu feinen

Fäserchen auf. Die bipolaren inneren Körner entsenden einen dickeren Fortsatz nach aussen zur äusseren granulirten Schicht, wo derselbe in zwei (oder mehrere?) feine Aestchen, die nun in der Ebene dieser Schicht verlaufen, sich spaltet; ein feiner innerer Fortsatz lässt sich in gerader Richtung durch die innere granulirte Schicht bis in die Nähe des Körpers der Ganglienzellen verfolgen. Für beide Arten von nervösen Zellen gilt, dass ihre äusseren Fortsätze dicker wie die inneren sind.

Was endlich das Neuroepithel betrifft, so wurde darauf hingewiesen, dass die von den Zapfenfaserkegeln aus in der äusseren granulirten Schicht sich verlierenden Fäserchen, ebenso wie die Stäbchenfasern sehr an feinste Nervenfäserchen erinnern. Ein directer Zusammenhang konnte aber bis jetzt nicht nachgewiesen werden. Alles weist aber darauf hin, dass eine Verbindung mit Nervenfäserchen an der Basis der Neuroepithelzellen erfolge. Für ein Eindringen feinster Nervenfäserchen in die äussere Körnerschicht oder gar in die Stäbchen- und Zapfenschicht spricht keine Thatsache. Denn die nervöse Natur des zweiten von mir am zugeschärften Opticus-Rande der Retina beschriebenen schiefen Fasersystems ist noch nicht genügend festgestellt, und der schiefe Verlauf der Zapfenfasern hier und am gelben Fleck spricht gerade gegen eine Verbindung dieser Elemente mit Nervenfäserchen innerhalb der Epithellage selbst.

Wir verlassen jetzt den Boden des sicher Beobachteten und legen uns die Frage vor nach der wahrscheinlichen Verknüpfung der beiden nervösen Systeme der Retina unter einander und mit den Sinneszellen. Hier wäre zunächst anzuführen, dass von einigen Seiten behauptet wird, es sei der Nachweis des continuirlichen Zusammenhanges von Ganglienzellen mit inneren Körnern geliefert. H. Müller und Kölliker haben Zeichnungen veröffentlicht, in welchen der Zusammenhang eines inneren Kornes mit dem äusseren Fortsatz einer Ganglienzelle deutlich gezeichnet ist (vergl. H. Müller (60) Taf. II, Fig. 20*e*; Kölliker (127) Fig. 491). Allein eine zweite analoge Zeichnung H. Müller's bringt uns

Fig. 51.



Schematische Darstellung des Sinnesepithels und der nervösen Elemente der Netzhaut. Der Deutlichkeit wegen sind auch die beiden granulirten Schichten, 4 und 6, angedeutet. 2 Nervenfasern, 3 Ganglienzellen, 5 innere Körner, 7 äussere Körner, 9 Stäbchen und Zapfen. Es ist in dieser Figur nur sicher Beobachtetes wiedergegeben (in der äusseren granulirten Schicht 6 ist aus Versehen im Holzschnitt ein Fäserchen des mittleren inneren Korns im directen Zusammenhang mit der Zapfenfaser gezeichnet). Erklärung s. im Text. Die Faserkörbe der Stäbchen und Zapfen sind als Ellipsoide dargestellt, die Stäbchenkörner mit Querstreifung.

auf die richtige Deutung dieser Bilder (Tafel II, Figur 26c). Hier liegt eine Ganglienzelle einer Radialfaser an und geht scheinbar mit ihrem äusseren Fortsatze in ein äusseres Korn über. Letzteres entspricht aber offenbar dem Stützfaser-Kerne, und findet das Bild einfach darin seine Erklärung, dass die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen nicht selten an den Radialfasern entlang verlaufen. Wenn dann die unteren Enden abgerissen sind, so können dadurch Verbindungen von Ganglienzellen mit inneren Körnern vorgetäuscht werden. Die Abbildungen, welche Ritter (95) Fig. 22 gibt, um einen solchen Zusammenhang zu beweisen, können sich offenbar nicht auf innere Körner beziehen, da sie zu nahe an die Ganglienzellen herangerückt erscheinen. Von anderer Seite ist ein ähnlicher Zusammenhang öfter behauptet worden (Hulke (126), Manz (112)), ohne dass beweisende Zeichnungen dafür beigebracht wurden, und dies gilt auch für die Behauptung Merkel's (143), dass in der *Macula lutea* sich die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen gabeln und je mit zwei inneren Körnern in Verbindung setzen sollen; denn seine Fig. 9, Tafel I, kann offenbar nicht als beweisend angesehn werden. Wäre Merkel's Annahme richtig, so müssten wir offenbar gerade noch einmal so viel nervöse innere Körner- als Ganglienzellen vorfinden. Für die Gegend des gelben Fleckes mag dies auch allenfalls zutreffen; allein für die peripherischen Theile der Retina würde der von Merkel behauptete Verbindungsmodus keine Gültigkeit mehr haben. Denn hier tritt bekanntlich die aus einer einfachen Reihe von Ganglienzellen bestehende Lage an Zahl ihrer Elemente noch viel bedeutender hinter der aus vielen Lagen von Elementen bestehenden inneren Körnerschicht zurück, deren kleinster Theil nur Radialfaserkernen angehört. Wollte man hier noch eine Verbindung im Sinne von Merkel statuiren, so müsste man je eine Ganglienzelle mit einer grösseren Zahl von inneren Körnern in Zusammenhang bringen. Nach einer ungefähren Schätzung von Ritter (95) wären dies beim Walfisch etwa 13. Wir können aber bestimmt nachweisen, dass so viel Fortsätze nicht in die innere Körnerschicht eindringen; bisher ist dies nur für einen gerade durch die innere granulirte Schicht verlaufenden Fortsatz, der sich höchstens noch gabelt, constatirt; die anderen breiten sich verästelnd in der inneren granulirten Schicht aus. Was aus diesen wird, ist noch gänzlich unbekannt. Es sind hier vor Allem zwei Fälle denkbar. Entweder verästeln sich diese Fortsätze in der inneren granulirten Schicht ausserordentlich fein, wie die entsprechenden Fortsätze der Ganglienzellen der Grosshirnrinde in ihrer granulirten Substanz, bilden vielleicht auch, wie diese ein feines Nervennetz, und aus diesen feinsten Fortsätzen gehen dann durch Vereinigung mehrerer derselben Nervenfasern hervor, die sich nach innen zur Sehnervenfaserschicht wenden, oder es treten mit diesen feinen Fäserchen die feinen radiär verlaufenden Fortsätze der inneren Körner in Verbindung. Welche von diesen beiden möglichen Annahmen die richtige ist, ist jetzt noch nicht zu entscheiden. Gegen letztere spricht einigermaassen der radiäre Verlauf der inneren Fortsätze der inneren Körner durch die innere granulirte Schicht bis in die Nähe der Ganglienzellen. Dies und die oben berührten Momente machen es mir wahrscheinlich, dass die inneren Fortsätze der inneren Körner vielfach nach innen zwischen den Ganglienzellen hindurchtreten und direct zu Nervenfasern werden. Es würde dann der Sehnervenstamm dreierlei Arten von Nervenfasern bergen: 1) solche, welche direct mit den Ganglienzellen

sich verbinden, 2) solche, welche aus der feinen Verästelung der letzteren ihren Ursprung nehmen und 3) solche, welche direct mit inneren Körnern zusammen hängen. Die Mannichfaltigkeit in der äusseren Erscheinung der Sehnervenfasern scheint mir in dieser Hinsicht von Bedeutung. Auch M. SCHULTZE (150) gedenkt der Möglichkeit, dass nicht alle Nervenfasern des Opticus mit Ganglienzellen der Retina im Zusammenhang stehn. Eine sichere Entscheidung in dieser Frage kann aber offenbar erst getroffen werden, wenn genaue Zählungen sämmtlicher Fasern des Opticusstammes und sämmtlicher Ganglienzellen der zugehörigen Retina vorliegen, eine Aufgabe, deren Ausführung allerdings auf grosse Schwierigkeiten stossen wird.

Eine solche Zählung muss sich aber auch auf die Stäbchen und Zapfen und auf die inneren Körner erstrecken. Die so gewonnenen Zahlen, von den Netzhäuten der verschiedensten Wirbelthiere erhalten, werden uns jedenfalls wichtige Aufschlüsse über die Art des vermutheten Zusammenhangs zwischen Sinnesepithelzellen der Retina und inneren Körnern gewähren. Schon bei der oberflächlichsten Schätzung der Zahl der hier in Frage kommenden Elemente in den Netzhäuten der verschiedensten Wirbelthiere ergibt sich die auffallende Thatsache, dass das Verhältniss der Stäbchen und Zapfen zu den inneren Körnern bei Säugethieren und Fischen ein ganz anderes ist, wie bei Vögeln, Reptilien und Amphibien. Auf die Säugethiere passt die Darstellung vom Zusammenhange der Stäbchen und Zapfen mit inneren Körnern, wie sie früher von H. MÜLLER und KÖLLIKER für die wahrscheinlichste gehalten wurde. Da hier die äusseren Körner die inneren an Zahl sicher übertreffen, werden, falls ein Zusammenhang der Stäbchen und Zapfen mit den inneren Körnern wirklich existiren sollte, immer m e h r e r e der Elemente der musivischen Schicht mit je e i n e m inneren Korn in Verbindung stehen müssen. Nach einer Schätzung von RITTER (95) würden in der Walfisch-Retina sieben Stäbchen auf e i n inneres Korn kommen. Bei den Fischen stellt sich dagegen die Zahl beider Arten von Formelementen ziemlich gleich heraus und bei Vögeln, Reptilien und Amphibien kehrt sich geradezu das Verhältniss um. Hier müsste also jedes Element der Stäbchenschicht mit einer grösseren Anzahl von inneren Körnern in Verbindung stehen, in ähnlicher Weise wie dies KÖLLIKER allgemeingültig auf Seite 684 der 5. Auflage seiner Gewebelehre dargestellt hat.

Man sieht also aus diesen Betrachtungen, dass die Annahme einer directen Verbindung der Stäbchen und Zapfen mit den inneren Körnern zu ganz seltsamen Widersprüchen führt. Während beim Säugethier mehrere Elemente der Stäbchenschicht mit einem inneren Korn in Verbindung stehen, müsste sich beim Vogel die Sache gerade umgekehrt verhalten. An so principielle Verschiedenheiten ist aber nicht bei den der Hauptsache nach so übereinstimmend organisirten Netzhäuten zu denken. Es bleibt uns also nichts weiter übrig, als entweder den Gedanken an einen Zusammenhang der inneren Körner mit den Stäbchen und Zapfen ganz fallen zu lassen, oder die Verschiedenheit in den erwähnten Zahlenverhältnissen auf eine Verschiedenheit der Elemente der Stäbchenschicht zurückzuführen. Und letzteres ist nun in der That möglich. Alle die Thiere, welche entweder überwiegend oder nur Zapfen (Vögel, Reptilien) oder sehr dicke Stäbchen (Amphibien) in der Retina besitzen, zeichnen sich durch eine grössere Zahl innerer Körner aus. Dem entsprechend übertrifft auch am

gelben Fleck die Zahl der inneren Körner die der äusseren. Wo dagegen sehr dünne Stäbchen sich vorfinden, dominirt deren Zahl über die der inneren Körner. Man könnte sich also denken, dass die dickeren Elemente mehreren der dünneren äquivalent seien und dem entsprechend stets mehrere Fasern divergirend zu mehreren inneren Körnern senden, während die dünneren Stäbchen nur je eine Faser entsenden würden, die noch dazu mit benachbarten in dasselbe Korn einmünden müssten. Wäre diese Annahme richtig, so müssten die Nachtvögel (Eule), welche ja nach M. Schultze durch das Zurücktreten der Zapfen sich auszeichnen, auch andere Zahlenverhältnisse erkennen lassen, wie die anderen Vögel, was noch zu untersuchen wäre.

Die Kenntniss des Verhältnisses der Zahl der Ganglienzellen zu der der Stäbchen und Zapfen wird von nicht geringerer Bedeutung für das Verständniss des Zusammenhangs der Netzhaut-Elemente sein. Ausser der Zahl kommen hier aber noch die Grösse und die Zahl der äusseren Fortsätze der Ganglienzellen in Betracht, während diese Grössen bei den innern Körnern constant sind. Innerhalb der menschlichen Retina ist, wie wir sehen, die Zahl der Ganglienzellen am grössten, wo nur Zapfen sind, d. h. in der *Macula lutea*, die Zahl der äusseren Fortsätze hier auf einen reducirt, der sich häufig gabelt. An der Peripherie dagegen überwiegen die percipirenden Elemente und unter diesen besonders die Stäbchen im hohen Grade über die immer spärlicher werdenden Ganglienzellen und wird dieses Missverhältniss nicht im entferntesten durch die zunehmende Grösse der Zellen und Zahl ihrer Fortsätze ausgeglichen. Es könnte also fast scheinen, als wenn die Ganglienzellen nur mit den Zapfen etwas zu thun hätten. Eine Zählung der in Frage kommenden Elemente bei den Reptilien würde von Wichtigkeit in dieser Frage sein.

Damit schliesse ich diese Betrachtungen, welche die Gründe, die für diese oder jene Auffassung über die Art der Verknüpfung der nervösen Elemente in der Netzhaut sprechen, im Wesentlichen aus Zahl- und Maassverhältnissen schöpften. Zwar bin ich überzeugt, dass sorgfältige Zählungen der vier in Betracht kommenden Elemente, Nervenfasern, Ganglienzellen, innerer Körner und Stäbchen + Zapfen, noch nicht alle Räthsel lösen werden, sie werden aber jedenfalls diese schwierige Frage ihrer Lösung näher bringen, als es bisher geschehen ist.

In der vorliegenden Beschreibung der Retina ist beinahe ausschliesslich die Netzhaut des Menschen und der Wirbelthiere berücksichtigt und nur gelegentlich der percipirenden Elemente der Arthropoden und Mollusken gedacht. Dieselben zeigen, wie M. Schultze (119, 120, 138) nachgewiesen hat, dieselbe Plättchenstructür, wie die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen der Wirbelthiere. Es besitzen aber die stabförmigen Körper der Arthropoden, die stäbchenartigen Pallisaden der Cephalopoden und Heteropoden eine wesentlich andere Lage, sie sind dem Lichte zugekehrt. Bei den Cephalopoden und Heteropoden fand M. Schultze in den Zwischenräumen zwischen den Pallisaden und auf ihrer Oberfläche, versteckt in den Pigmenthüllen derselben, feine Nervenfibrillen, so dass hier also keine Continuität, sondern nur eine Contiguität des Sinnesepithels und der Endigungen des Sehnerven bestehen würde. M. Schultze (138) vermuthete anfangs eine analoge Endigung des Opticus bei den Wirbelthieren; jetzt sind allgemein die auf der Oberfläche der Stäbchen-Innenglieder verlaufenden Fasern (Faserkörbe M. Schultze (151)) als zur Stützsubstanz der Netzhaut gehörig anerkannt. Ueber den Bau des Mollusken-Auges vergl. vor Allem: Hensen in M. Schultze's Archiv Bd. II. S. 399 ff.

Literatur der Retina.

1) Arthur Jacob, Account of a membrane in the eye non first described. Philosophical Transactions. 1819.
2) F. Arnold, Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. Heidelberg und Leipzig 1832.
3) Th. Wharton Jones, Notice relative to the Pigmentum nigrum of the eye. Edinburgh medical and surgical journal. 1833. p. 77.
4) Dalrymple, The anatomy of the human eye. London 1834.
5) Huschke, Untersuchungen über einige Streitpuncte in der Anatomie des menschlichen Auges. v. Ammon's Zeitschrift. Bd. III. S. 1—28. I. Das Ende der Retina. III. Falte und Centralloch der Netzhaut. 1833. Bd. IV. S. 272—295. V. Ueber die Bedeutung und Entstehung der Membrana Doellingeri s. Jacobi. 1834.
6) Treviranus, Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Bd. I. Heft 2. S. 42. Papillen der Netzhaut des Auges. 1836. Bd. I. Heft 3. S. 91. Nachträge. 1837. Tafel III—VI.
7) A. W. Volkmann, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1836.
8) Gottsche, Pfaff's Mittheilungen. N. F. Jahrgang 2. 1836.
9) B. C. Langenbeck, De retina observationes anatomicae-pathologicae. 1836.
10) Michaelis, Referat in Müller's Archiv. 1837. S. XII nach dem Manuscript.
11) E. H. Weber, Briefliche Mittheilung an Treviranus. Treviranus' Beiträge. Bd. I. Heft 3. 1837. S. 99.
12) Valentin, Repertorium. 1837.
13) Mayer, Seelenorgan. 1838.
14) Remak, Zur mikroscopischen Anatomie der Retina. Müller's Archiv. 1839. S. 165.
15) Henle, Anmerkung zum Aufsatz von Remak. Ebenda. 1839. S. 170.
16) Bidder, Zur Anatomie der Retina, insbesondere zur Würdigung der stabförmigen Körper in derselben. Müller's Archiv. 1839. S. 371.
17) Burow, Ueber den Bau der Macula lutea. Müller's Archiv. 1840.
18) Hannover, Ueber die Netzhaut und ihre Hirnsubstanz bei Wirbelthieren. Müller's Archiv. 1840.
19) Lersch, De retinae structura. Dissert. Berolini 1840.
20) Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841.
21) Michaelis, Ueber die Retina, besonders über die Macula lutea und das Foramen centrale. Verhandl. der Kaiserlich Leop.-Carolin. Academie der Naturforscher. 1842. Bd. 19, 2.
22) Hannover, Ueber die Structur der Netzhaut der Schildkröte. Müller's Archiv. 1843. S. 314.
23) E. Brücke, Ueber die physiologische Bedeutung der stabförmigen Körper und der Zwillingszapfen in den Augen der Wirbelthiere. Müller's Archiv. 1844.
24) Hannover, Recherches microscopiques sur le système nerveux. 1844. p. 37—56.
25) Huschke, Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menschlichen Körpers. V. Bd. von Sömmerring's Anatomie. S. 710—734. 1844.
26) Pacini, Nuove ricerche sulla tessitura intima della retina. Bologna 1845.
27) E. Brücke, Anatomische Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren. Müller's Archiv. 1845.
28) E. Brücke, Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. Berlin 1847.
29) W. Bowman, Lectures on the parts concerned in the operations on the eye. London 1849. p. 79—93.
30) Gray, On the development of the Retina. Philosophical Transactions. 1850.
31) Corti, Beitrag zur Anatomie der Retina. Müller's Archiv. 1850.

32) H. Müller, Ueber sternförmige Zellen der Retina. Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. II. Bd. S. 216. 1852.

33) H. Müller, Zur Histologie der Netzhaut. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III. S. 234. 1852.

34) Kölliker, Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Verhandlungen der physikalisch-medic. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. III. S. 316—336. 1852.

35) H. Müller, Bemerkungen über den Bau und die Function der Retina. Ebenda. S. 336—340. 1852.

36) F. Leydig, Beiträge zur mikroscopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig 1852.

37) Henle, Versuche und Beobachtungen an einem Enthaupteten. Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. Bd. II. 1852.

38) Hannover, Ueber die sogenannte Plica centralis retinae. Das Auge. Leipzig 1852. S. 55—57.

39) Hannover, Anatomische und physiologische Untersuchungen über die blinde Stelle des menschlichen Auges. Ebenda. 1852. S. 66—83.

40) H. Müller, Ueber einige Verhältnisse der Netzhaut bei Menschen und Thieren. Verhandlungen der physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. IV. S. 96—100. 1853.

41) Kölliker et H. Müller, Note sur la structure de la rétine humaine. Comptes rendus. T. 37. 26. Sept. 1853.

42) Remak, Ueber gangliöse Nervenfasern. Berliner Monatsberichte. 1853.

43) Remak, Comptes rendus. 1853.

44) Leydig, Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. 1853.

45) Remak, Ueber den Bau der Retina und der Ganglien. Deutsche Klinik. 1854. No. 16. S. 177.

46) Remak, Allgemeine medicinische Centralzeitung. Januar 1854.

47) Corti, Histologische Untersuchungen, angestellt an einem Elephanten. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. V. 1854. S. 87.

48) Hannover, Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Erwiderung auf eine Mittheilung des Herrn Professor Kölliker. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. V. 1854. S. 17.

49) Kölliker, Mikroscopische Anatomie. Bd. II. 2. Abtheilung. Leipzig 1854. S. 648—703.

50) H. Müller und Kölliker, Retina-Tafel. Tafel XIX in Ecker's Icones physiolog. Leipzig 1854.

51) Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre. Mainz 1854. S. 493—501.

52) Vintschgau, Ricerche sulla struttura microscopica della Retina dell' Uomo, degli Animali vertebrati e dei Cefalopodi. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Bd. 11. Heft 1—5. S. 493. 1854.

53) H. Müller, Ueber die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe, insbesondere als Beweismittel für die Lichtperception durch die nach hinten gelegenen Netzhautelemente. Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. V. 1854.

54) Blessig, De retinae textura disquisitiones microscopicae. Dissert. Dorpat 1855.

55) Bergmann, Zur Kenntniss des gelben Flecks der Netzhaut. Zeitschr. für rat. Medicin. Neue Folge. 5. Bd. S. 245—252. 1854.

56) H. Müller, Observations sur la structure de la rétine de certains animaux. Comptes rendus. T. 43. p. 743. 20. Octobre 1856.

57) E. Lent, Beiträge zur Lehre von der Regeneration durchschnittener Nerven. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. VII. S. 152. 1856.

58) Virchow, Zur pathologischen Anatomie der Netzhaut und des Sehnerven. Virchow's Archiv. Bd. 10. S. 190. 1856.

59) Lehmann, Experimenta quaedam de nervi optici dissecti ad retinae texturam vi et effectu. Dissert. Dorpat 1857.

60) H. Müller, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina des Menschen und der Wirbelthiere. Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. VIII. S. 1—122. 1857.
61) H. Müller, Ueber Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Archiv für Ophthalmol. Bd. IV. 1858.
62) H. Müller, Ueber Hypertrophie der Nervenprimitivfasern in der Retina. Ebenda. Bd. IV. 1858.
63) Nunneley, Quarterly journal of microscopical science. April 1858.
64) Nunneley, On the structure of the retina. Ibid. July 1858.
65) C. Bergmann, Anatomisches und Physiologisches über die Netzhaut des Auges. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. II. Bd. S. 83—108. 1 Tafel. 1858.
66) E. de Wahl, De retinae textura in monstro anencephalico disquisitiones microscopicae. Dissertatio. Dorpati 1859.
67) M. Schultze, Observationes de retinae structura penitiori. Bonnae 1859.
68) Ritter, Ueber den Bau der Stäbchen und äusseren Endigungen der Radialfasern an der Netzhaut des Frosches. Archiv für Ophthalmol. Bd. V, 2. S. 101—112. 1859.
69) H. Müller, Ueber dunkelrandige Nervenfasern in der Retina. Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. I. S. 90—92. 1860.
70) Braun, Notiz zur Anatomie und Bedeutung der Stäbchenschicht der Netzhaut. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math. naturw. Klasse. Bd. 42. S. 15. 1860.
71) Jacubowitsch, Terminaisons des nerfs à la périphérie et dans les différents organes, ou terminaisons périphériques du système nerveux en général. Comptes rendus. T. 50. p. 859—862. 1860.
72) H. Müller, Notiz über die Netzhautgefässe bei einigen Thieren. Würzburger naturw. Zeitschrift. Bd. II. S. 64. 1861.
73) H. Müller, Ueber das ausgedehnte Vorkommen einer dem gelben Fleck der Retina entsprechenden Stelle bei Thieren. Ebenda. S. 139. 1861.
74) H. Müller, Bemerkungen über die Zapfen am gelben Fleck des Menschen. Ebenda. S. 218—221. 1861.
75) Hyrtl, Ueber anangische (gefässlose) Netzhäute. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math.-naturw. Klasse. Bd. 43. Abth. I. S. 207—212. 1861.
76) W. Manz, Ueber den Bau der Retina des Frosches. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. Bd. X. S. 301. 1861.
77) W. Krause, Ueber den Bau der Retina-Stäbchen beim Menschen. Göttinger Nachrichten. 1861. 5. Jan. und Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. Bd. XI. S. 175. 1 Tafel. 1861.
78) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. S. 56—62. 1861.
79) M. Schultze, Zur Kenntniss des gelben Fleckes und der Fovea centralis des Menschen- und Affen-Auges. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1861.
80) H. Müller, Ueber die Netzhautgefässe von Embryonen. Würzburger naturw. Zeitschr. II. 1862. S. 222.
81) H. Müller, Ueber das Auge des Chamäleon. Würzburger naturw. Zeitschr. III. S. 10—42. 1862.
82) C. Ritter, Ueber die Elemente der äusseren Körnerschicht. Archiv für Ophthalmologie. Bd. VIII, 2. S. 115. 1862.
83) H. Müller, Ueber das Vorhandensein zweier Foveae in der Netzhaut vieler Vogelaugen. Zehender's klinische Monatsblätter. 1863. S. 438.
84) Schelske, Notiz über die sogenannte Membrana limitans der menschlichen Netzhaut. Medic. Centralblatt. No. 35. 1863.
85) Schelske, Ueber die Membrana limitans der menschlichen Netzhaut. Virchow's Archiv. Bd. 28. S. 482. 1 Tafel. 1863.
86) Schiess, Beitrag zur Anatomie der Retinastäbchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. Bd. 18. 1863.

87) H. Welcker, Untersuchung der Retinazapfen und des Riechhautepithels bei einem Hingerichteten. Ebenda. Bd. 20. S. 173. 1863.
88) W. Krause, Ueber die Endigung der Muskelnerven. 2. Artikel. Anmerk. 3. S. 7. Ebenda. Bd. 20. 1863.
89) Liebreich, Atlas der Ophthalmoscopie. Berlin 1863. Tafel XII. Fig. 1 u. 2.
90) L. Kugel, Ueber Collateralkreisläufe zwischen Choroidea und Retina. Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX, 3. S. 129. 1863.
91) Babuchin, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges, besonders der Retina. Würzburger naturw. Zeitschrift. Bd. IV. S. 71. 1863.
92) Rosow, Ueber das körnige Augenpigment. Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX, 3. S. 63. 1863.
93) Henle, Ueber die äussere Körnerschichte der Retina. Göttinger Nachrichten. No. 7. 1863.
94) Henle, Weitere Beiträge zur Anatomie der Retina. Ebenda. No. 15. 1864.
95) Ritter, Die Structur der Retina, dargestellt nach Untersuchungen über das Walfischauge. Leipzig 1864.
96) Heinemann, Bemerkungen über den bindegewebigen Stützapparat in der Netzhaut des Vogelauges. Virchow's Archiv. Bd. 30. 1864.
97) Hulke, A contribution to the anatomy of the amphibian and reptilian retina. London ophthalmic hospital reports. Vol. IV. P. 3. p. 243. 1864.
98) Dönitz, Mariotte'scher Fleck bei markhaltigen Nervenfasern der Retina. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. S. 741—743. 1864.
99) v. Recklinghausen, Markige Hypertrophie der Nervenfasern der Netzhaut. Virchow's Archiv. Bd. 30. S. 375. 1864.
100) Th. Leber, Untersuchungen über den Verlauf und Zusammenhang der Gefässe im menschl. Auge. Archiv für Ophthalmologie. XI, 1. S. 1. 1865.
101) Th. Leber, Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschlichen Auges. Wien 1865. (Aus den Denkschriften der Academie.)
102) His, Lymphgefässe der Retina. Verhandl. der naturf. Gesellschaft in Basel. Bd. IV, 2. 1865.
103) Ritter, Zur Histologie des Auges. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XI, 1. S. 89. 1865.
104) Ritter, Ueber die feinsten Elemente des Bindegewebes in der Faserschichte und der Zwischenkörnerschichte des Menschen. Ebenda. S. 179. 1865.
105) M. Schultze und Rudneff, Weitere Mittheilungen über die Einwirkung der Ueberosmiumsäure auf thierische Gewebe. M. Schultze's Archiv. I. S. 304. 1865.
106) Hensen, Ueber eine Einrichtung der Fovea centralis retinae, welche bewirkt, dass feinere Distanzen als solche, die dem Durchmesser eines Zapfens entsprechen, noch unterschieden werden können. Virchow's Archiv. Bd. 34. 1865.
107) Niemetschek, Mittheilungen über die Gefässe am gelben Fleck der Netzhaut. Prager Vierteljahrsschrift. 1866. Bd. I. S. 132.
108) Steinlin, Beiträge zur Anatomie der Retina. Berichte der St. Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1865/66. 1866.
109) M. Schultze, Zur Anatomie und Physiologie der Retina. M. Schultze's Archiv. Bd. II. S. 165 u. S. 175. 8 Tafeln. 1866.
110) M. Schultze, Ueber den gelben Fleck der Retina. Bonn 1866.
111) Hasse, Vorläufige Mittheilung über den Bau der Retina. Göttinger Nachrichten. No. 8. 1866.
112) Manz, Die Ganglienzellen der Froschnetzhaut. Zeitschr. für ration. Medicin. 3. Reihe. Bd. 28. S. 231. 1866.
113) Hulke, On the retina of amphibia and reptiles. Journal of anat. and physiol. No. 7. p. 94. 1866.
114) Henle, Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. S. 636—670. 1866.

115) Hasse, Beiträge zur Anatomie der menschlichen Retina. Zeitschr. für ration. Medicin. Bd. 29. S. 238. 1867.
116) M. Schultze, Ueber Stäbchen und Zapfen der Retina. Schultze's Archiv. Bd. 3. S. 215. 1867.
117) W. Zenker, Versuch einer Theorie der Farben-Perception. Ebenda. S. 248. 1867.
118) M. Schultze, Bemerkungen über Bau und Entwicklung der Retina. Ebenda. S. 404. 1867.
119) M. Schultze, Ueber die Endorgane des Sehnerven im Auge der Gliederthiere. Ebenda. S. 404. 1867.
120) M. Schultze, Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insecten. Bonn 1868.
121) W. Krause, Ueber die Endigung des N. opticus. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. S. 243. und (2. Artikel) S. 643. 1867.
122) W. Krause, Zapfen-Ellipsoide und Stäbchen-Ellipsoide der Retina. Göttinger Nachrichten. No. 37. 1867.
123) W. Krause, Die Anatomie des Kaninchens. S. 129. 1867.
124) Hensen, Ueber das Sehen in der Fovea centralis. Virchow's Archiv. Bd. 39. S. 475. 1867.
125) Hulke, On the anatomy of the fovea centralis of human retina. Philos. transactions. Vol. 157. P. 1. p. 109. 1867.
126) Hulke, Notes on the anatomy of the common propoise (Phocaena communis). Journal of anat. and physiol. p. 19. 1867.
127) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Aufl. Leipzig 1867.
128) Steinlin, Ueber Zapfen und Stäbchen der Retina. M. Schultze's Archiv. Bd. IV. S. 10. 1868.
129) M. Schultze, Bemerkungen zu dem Aufsatze des Dr. W. Steinlin. Ebenda. S. 22. 1868.
130) W. Krause, Ueber die Endigung des N. opticus. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1868.
131) W. Krause, Die Membrana fenestrata der Retina. Göttinger Nachrichten. No. 9. 1868.
132) W. Krause, Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig 1868.
133) Hensen, Bemerkungen zu W. Krause, die Membrana fenestrata der Retina. M. Schultze's Archiv. Bd. IV. S. 347. 1868.
134) G. Wagner, Ueber die Structur der Retina. Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaft zu Marburg. No. 5. 1868.
135) Preyer, Ueber anomale Farbenempfindungen und die physiolog. Grundfarben. Pflüger's Archiv. I. 1868. S. 299.
136) Frisch, Gestalten des Choroidalpigments. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math.-naturw. Klasse. Bd. 58. Abth. 2. 1868.
137) Mauthner, Lehrbuch der Ophthalmoscopie. 1868.
138) M. Schultze, Die Stäbchen in der Retina der Cephalopoden und Heteropoden. M. Schultze's Archiv. Bd. V. 1869. S. 1.
139) M. Schultze, Ueber die Nervenendigung in der Netzhaut des Auges bei Menschen und bei Thieren. Ebenda. S. 379. 1869. und Sitzungsber. der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 3. Mai 1869.
140) Iwanoff, Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. 1. Beiträge zur Ablösung des Glaskörpers. 2. Das Oedem der Netzhaut. Archiv für Ophthalmologie. XV, 2. S. 1 u. S. 88. 1869.
141) Hulke, Note on the bloodvessel-system of the retina of the hedgehog. Monthly microsc. journal. 1869.
142) Henle u. Merkel, Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. für ration. Medicin. 3. Reihe. Bd. 34. 1869.

143) Merkel, Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Leipzig 1870.
144) Merkel, Zur Kenntniss der Stäbchenschichte der Retina. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1870. S. 642.
145) Landolt, Beitrag zur Anatomie der Retina vom Frosch, Salamander und Triton. M. Schultze's Archiv. Bd. VII. S. 81. 1870.
146) Manz, Das Auge der hirnlosen Missgeburten. Virchow's Archiv. Bd. 51. 1870.
147) G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. II. M. Schultze's Archiv. Bd. VI. S. 330. 1870.
148) Manfredi, Sulla struttura della cosi detta parte cigliare della retina. Gazz. med. ital. Lomb. Serie VI. T. III. 1870.
149) Carter, The distal communication of the blood-vessels with the lymphatics and on a diaplasmatic system of vessels. Journal of anat. and physiol. Vol. IV. p. 116. 1870.
150) M. Schultze, Die Retina. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 977—1031. 1871.
151) M. Schultze, Neue Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Retina des Menschen. M. Schultze's Archiv. Bd. VII. S. 244. 1871.
152) Dobrowolsky, Die Doppelzapfen. Archiv von Reichert u. Du Bois-Reymond. S. 208. 1871.
153) Dobrowolsky, Zur Anatomie der Retina. Ebenda. S. 221. 1871.
154) Boll, Beiträge zur physiologischen Optik. Das Sehen mit zusammengesetzten Augen und der Leeuwenhoek'sche Versuch. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1871. S. 530—549.
155) G. Retzius, Bidrag till kännedomen om de inre lagren i ögats näthinna. Nordiskt medicinskt arkiv. Bd. III. No. 4. S. 23—32. 1871.
156) G. Retzius, On membrana limitans retinae interna. Ebenda. Bd. III. No. 2. S. 1—34. 1871.
157) Santi Sirena, Untersuchungen über den feineren Bau der Ganglienzellen und der Radialfasern an der Retina des Pferdes und des australischen Walfisches. Verhandl. der phys.-medic. Gesellsch. in Würzburg. Neue Folge. II. Bd. S. 31—38. 1871.
158) Rivolta, Delle cellule multipolari che formano lo strato intergranuloso o intermedio nella retina del cavallo. Giorn. di anat. fisiol. e patologia degli animali. Anno III. p. 185. 1871.
159) Morano, Die Pigmentschicht der Retina. M. Schultze's Archiv. Bd. 8. S. 81—91. 1871.
160) R. Berlin, Ueber Sehnervendurchschneidung. Monatsbl. für Augenheilk. IX. S. 278—305. 1871.
161) M. Schultze, Ueber die Retina der Neunaugen. Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 6. November 1871.
162) M. Schultze, Ueber den Bau der Netzhaut von Nyctipithecus felinus. Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 22. Juli 1872.
163) M. Schultze, Ueber die Netzhaut des Störes. Ebenda. 2. December 1872.
164) Golgi e Manfredi, Annotazioni istologiche sulla retina del cavallo. Accad. di Medicina di Torino 9. agosto 1872.
165) Isaacsohn, Beitrag zur Anatomie der Retina. Dissertation. Berlin 1872.
166) G. Schwalbe, Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften. 1872.
167) Duval, Structure et usages de la rétine. Thèse pour le concours. 150 pp. Paris 1873.
168) Boll, Die Histologie und Histogenese der nervösen Centralorgane. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. Bd. IV. 1873.
169) H. Magnus, Die makroscopischen Gefässe der menschlichen Netzhaut. Versuch einer Schematisirung u. Nomenclatur des Netzhautgefässsystems. Habilitationsschrift. Leipzig 1873.

170) P. Langerhans, Untersuchungen über Petromyzon Planeri. S. 63—76. Tafel VII. Freiburg i. Br. 1873.
171) S. Talma, Over de kegels en hunne gekleurde kogels in het netvlies van vogels. Onderzoekingen gedaan in het physiol. laboratorium der Utrechtsche hoogeschool. III. reeks. II. p. 259—275. 1873.
172) Caster, Zur Anatomie der Retina. Dissert. Berlin 1872. (Ist mir erst nach Ablieferung meiner Arbeit bekannt geworden und konnte deshalb nicht mehr benutzt werden.)

III. Der Glaskörper.

§ 31. Lage und Gestalt des Glaskörpers sind bereits auf S. 39 § 20 dieses Lehrbuchs beschrieben. Ausser der klaren Gallerte, welche, von der *Membrana hyaloidea* umschlossen, den hinteren grösseren Abschnitt des Augapfels innerhalb der schalenförmigen Retina ausfüllt, hat man zum Glaskörper, wie die Untersuchungen von Lieberkühn (62) beweisen, genetisch auch die Linsenkapsel und das radiär gefaltete Strahlenbändchen, die *Zonula ciliaris* zu rechnen. In den Augen Erwachsener stellt letztere eine modificirte Fortsetzung der Hyaloidea über die *Ora serrata* hinaus dar und ist in eigenthümlicher Weise mit der Linsenkapsel verwachsen. Der gallertige Glaskörper selbst liegt nach vorn von der *Ora serrata retinae* noch eine Strecke weit der Zonula an, allerdings von ihr durch eine capillare Spalte getrennt. Diese Spalte erweitert sich nach dem Linsenrande zu und drängt somit die vordere Fläche des Glaskörpers von der Zonula ab. Es findet sich demnach um den Linsenrand herum zwischen vorderer Fläche des Glaskörpers und *Zonula Zinnii* eine im Leben mit Flüssigkeit erfüllte Spalte, der Petit'sche Canal, der durch feine radiäre Oeffnungen zwischen den vom Gipfel der Ciliarfortsätze bis zum Linsenrande frei ausgespannten Fasern des Strahlenbändchens mit der hinteren Augenkammer und dadurch auch mit der vorderen communicirt. In den axialen Theilen berührt dagegen die vordere Fläche der Glaskörper-Gallerte innig die hintere Fläche der hinteren Linsenkapsel und ist nur schwer von ihr zu trennen. Bei Injectionen des Petit'schen Canales, die man durch Füllung der vorderen Augenkammer leicht erhält, wird in einer mehr oder weniger breiten Zone nicht selten die Verbindung zwischen Glaskörper und hinterer Linsenfläche durch Einschieben einer Flüssigkeitsschicht aufgehoben. Im Centrum der *Fossa patellaris* bleibt dagegen die Verbindung auch bei diesen Versuchen erhalten (Schwalbe (58 und 59)).

Da die genetisch zum Glaskörper gehörige Linsenkapsel, sowie die *Zonula ciliaris* mit der Linse zusammen beschrieben worden sind, so ist hier nur der feinere Bau der eigentlichen Glaskörpergallerte und der sie umschliessenden Haut, der *Membrana hyaloidea* zu schildern.

§ 32. Membrana hyaloidea.

Die Frage nach der Existenz einer *Membrana hyaloidea* fällt mit der nach dem Vorhandensein einer *Membrana limitans retinae interna* zusammen. Ich habe bereits im Abschnitt Netzhaut § 15 die Gründe angeführt, welche zur Annahme einer von der Hyaloidea differenten *Limitans interna* oder besser eines *Margo limitans retinae* führen. Das, was Henle (50) und nach ihm Iwanoff (55) als *Limitans hyaloidea* beschrieben haben, ist nichts weiter wie die Hyaloidea, ge-

hört nicht zur Retina, sondern zum Glaskörper und setzt sich nach vorn direct in die *Zonula ciliaris* fort. Beide sind Bestandtheile einer Membran, an der man mit Huschke (16) einen hinteren Theil (eigentliche Hyaloidea) und einen Ciliartheil (Zonula) unterscheiden kann.

Dass die Hyaloidea nichts mit der Retina zu thun hat, vielmehr aus dem mittleren Keimblatt sich bildet als Grenzschicht des Glaskörpers gegen die secundäre Augenblase hat Lieberkühn (62) nachgewiesen. Besonders leicht kann man sich am Vogelauge von diesem Factum überzeugen. Hier hört nämlich die Hyaloidea nicht mit der Retina am Rande des Pecten auf, sondern bildet auch einen vollständigen Ueberzug über den Kamm. An Augen von Säugethieren und vom Menschen, die einen Tag lang in dünnem Alkohol gelegen haben, tritt ferner stets eine glatte Trennung zwischen Retina und Glaskörper ein; die Hyaloidea wird an solchen Präparaten immer auf der Oberfläche des Glaskörpers im Zusammenhange mit Zonula und Linse gefunden, während die innere Oberfläche der Retina nur noch den Grenzsaum erkennen lässt. Dass die Glashaut an frischen Augen bei Entleerung des Glaskörpers leicht auf der Oberfläche der Retina haften bleibt, beweist nichts für die Zugehörigkeit derselben zur Netzhaut; denn sie trennt sich nie allein vom Glaskörper, sondern nimmt, wie auch Iwanoff (55) anführt, stets noch eine dünne periphere Schicht der Glaskörper-Gallerte mit; und dies geschieht auch nur mit Glaskörpern erwachsener Thiere. Bei jugendlichen, z. B. beim Kalb, wo das *Corpus vitreum* noch eine grössere Consistenz besitzt, folgt auch an frischen Augen die Hyaloidea immer dem Glaskörper.

Ich stimme also mit Henle (50) und Iwanoff (55) in der Annahme nur einer Membran zwischen *Margo limitans retinae* und Oberfläche des Glaskörpers überein, halte dieselbe aber für dem Glaskörper zugehörig. Iwanoff beobachtete, dass bei der Glaskörper-Ablösung die Hyaloidea von der Gallerte durch eine Flüssigkeitsschicht scharf getrennt wird, so dass sowohl Glashaut als abgelöste Glaskörpergallerte dem Exsudat eine glatte Oberfläche zukehrt. Mir scheint der Schluss, den Iwanoff aus diesem Factum zieht, dass die auf der Retina haftende Membran auch der Retina angehöre, dem Glaskörper aber eine abgrenzende Hülle vollständig fehle, durchaus nicht nothwendig zu sein. Denn glatte Oberflächen werden sich hier stets bei längerer Dauer des Processes ausbilden müssen. Wenn die Oberfläche des abgelösten Glaskörpers sich so stark verändert, dass sie mit einer structurlosen homogenen Schicht sich bedeckt, so hat offenbar die Annahme eines Schwundes der an der Hyaloidea haften gebliebenen Reste von Glaskörper-Gallerte und die Herstellung einer glatten Fläche auch auf dieser Seite des Exsudats, nichts Unnatürliches.

In der Gegend der *Ora serrata* beginnt die Hyaloidea sich allmählich zu verdicken, in ihrer Textur zu verändern; sie wird zur *Zonula ciliaris*. Dieselbe bildet von nun an die vordere Wand des Petit'schen Canales; die hintere ist mit der vorderen Fläche der Glaskörper-Gallerte identisch, die sich hier einfach durch eine verdichtete Oberfläche gegen den flüssigen Inhalt des Petit'schen Canales abgrenzt. Eine Spaltung der Zonula an der *Ora serrata* in ein äusseres Blatt, welches zur eigentlichen faserigen Zonula wird, und ein inneres, das die *Fossa patellaris* auskleidet, findet nicht statt. Der Petit'sche Canal ist demnach als den übrigen Spalträumen in der Glaskörpergallerte gleichwerthig anzusehn.

Die hier entworfene Beschreibung weicht von meiner früheren (58 u. 59) insofern ab, als ich die von mir beschriebene hintere Begrenzungsmembran des Petit'schen Canales für eine durch Einwirkung der Reagentien entstandene Niederschlags- oder Verdichtungshaut halte.

Ich stimme hierin Iwanoff (61) bei, muss aber Merkel (60) gegenüber die Existenz des Petit-schen Canales in der von mir beschriebenen Anordnung aufrecht erhalten. Dass Zonula und Glaskörper an Schnittpräparaten an einander zu grenzen scheinen, beruht auf dem unvermeidlichen Zusammenpressen bei der Schnittführung.

Eine Spaltung der Zonula an der *Ora serrata* findet also nicht statt. Hannover (18) nahm eine noch complicirtere Spaltung der Hyaloidea, als die eben erwähnte, an. Es sollte zunächst eine Theilung dieser Membran an der *Ora serrata* in zwei Blätter statt finden und das vordere dieser Blätter sich dann auf der Höhe der Ciliarfortsätze nochmals in zwei spalten, deren vorderes die *Zonula ciliaris* darstelle, deren hinteres mit den aus der ersten Theilung hervorgegangenen beiden Blättern einen hinter dem Petit'schen Canale gelegenen zweiten spaltförmigen Raum begrenze, den man in der Folge als Hannover'schen Canal bezeichnet hat. Derselbe reicht nach Hannover nur bis zum Linsenrand; hinter der Linse sei dann die Hyaloidea wieder einfach. Finkbeiner (33), der für die Existenz dieses Canales eintritt, lässt ihn sogar eine vollständige Trennung zwischen Linse und Glaskörper vollziehn. Nach Weber (41) ist er nur durch eine Schicht von Zonulafasern unvollständig gegen den Petit'schen Canal abgegrenzt. Von allen anderen Forschern wird seine Existenz gänzlich in Abrede gestellt.

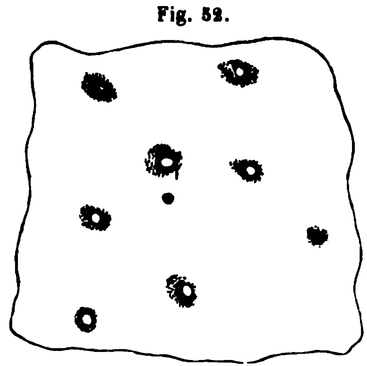
Die Hyaloidea erweist sich bei mikroscopischer Untersuchung als eine glashelle, leicht Falten schlagende Membran. Ohne diese Falten würde man sie unter dem Mikroscop ihrer Durchsichtigkeit wegen schwer wahrnehmen, wenn ihr nicht constant eigenthümliche zellige Elemente angelagert wären, durch welche man auch bei Flächenansichten auf sie aufmerksam wird. Die Falten sind scharf ausgebildet und beweisen am besten die Selbstständigkeit der Membran. Dennoch ist sie bei den Säugethieren und beim Menschen auf der inneren Seite in inniger Verbindung mit der Glaskörpergallerte, bei den Vögeln und Amphibien stellt sie dagegen eine völlig isolirbare Membran dar. Ihre äussere der Netzhaut zugekehrte Fläche ist stets glatt und scharf abgegrenzt, an frischen Präparaten aber meist mit eigenthümlichen glashellen Tropfen verschiedener Grösse bedeckt. Dieselben geben die mikrochemischen Reactionen des Eiweiss und stammen aus den der Hyaloidea zugekehrten Kegeln der Radialfasern, den ausgeflossenen Inhalt derselben darstellend. An Präparaten aus Alkohol oder Chromsäure erscheinen ihnen entsprechend gestaltete schollige Coagula und oft, besonders häufig beim Menschen (vergl. Retina § 14) sind die Radialfaserkegel selbst mit der netzförmigen Ausbreitung ihrer Kegelmantelränder haften geblieben. Es erscheint dann die äussere Oberfläche der Hyaloidea reticulirt.

In der Nähe der *Ora serrata* zeigt sich die glashelle Grundsubstanz der *Membrana hyaloidea* von zahlreichen sehr feinen Streifen in meridionaler Richtung durchzogen (O. Weber) (41). Dieselben beginnen etwa im Aequator des Auges, um nach dem Rande der Zonula immer deutlicher zu werden; aus ihnen entstehen innerhalb des Ciliartheils der Hyaloidea (Huschke) die Zonulafasern. Es scheinen übrigens in Betreff der Ausbreitungen feiner Fasern vom Rande der Zonula über den Anfangstheil des Glaskörpers individuelle Schwankungen vorzukommen, der Art, dass die Fasern bald dicht am Rande des Strahlenbändchens ihre hintere Grenze erreichen, bald in grösserer Entfernung davon nach hinten.

Einen ganz constanten Bestandtheil der Hyaloidea bilden eigenthümliche kleine abgeplattete Zellen mit einem oder zwei Kernen und ganz unregelmässigen mannichfachen Begrenzungen der Zellkörper. Ihr gewöhnliches Aussehn und ihre Vertheilung im grösseren Abschnitt der Glashaut wird durch Fig. 52 erläutert.

Um den Kern herum ist eine feinkörnige Masse angesammelt, deren mikrochemische Reactionen die des Protoplasma sind. Dieselbe ist nach aussen hin nicht immer scharf abgegrenzt; sie scheint sich vielmehr häufig unter allmählicher Dickenabnahme in der glashellen umgebenden Substanz zu verlieren. In anderen Fällen sind diese Zellen schärfer contourirt und kuglig oder spindelförmig, oder sie erscheinen als noch dünnere Platten wie die erst beschriebenen Formen mit buchtigen Contouren, auch wohl hie und da mit unregelmässigen Fortsätzen versehn.

Fig. 52.



Hyaloidea mit subhyaloidalen Zellen. Zeiss F. Ocular 2.

Allen gemeinsam ist ihre Lage dicht unter der *Membrana hyaloidea*, also in der äussersten Rindenschicht der eigentlichen Glaskörpersubstanz. Man hat sie deshalb als subhyaloidale Zellen (Ciaccio) (57) bezeichnet. Doch scheinen constant auch einzelne auf der äusseren Fläche der Glashaut, zwischen dieser und Retina, sich zu finden (Iwanoff (48) S. 162).

Die Vertheilung dieser Zellen ist eine durchaus unregelmässige. Bei Embryonen sind sie am zahlreichsten vorhanden. Bei Erwachsenen finden sie sich in viel geringerer Menge und in den einzelnen Abschnitten der Hyaloidea in sehr verschiedener Zahl und selbst innerhalb kleiner Stückchen der Glashaut in sehr verschiedenen Abständen, so dass von einer gleichmässigen Vertheilung derselben keine Rede sein kann. So variirten z. B. beim Schwein die Abstände je zweier Zellen zwischen 8 und 27 μ, beim Kaninchen gar zwischen 29 und 390 μ. Beim Menschen sind die Differenzen ähnliche. Es finden sich ferner nicht selten Gruppen solcher Gebilde auf einem engen Raum versammelt. Eine Vergleichung der Zahlen in den vorderen, der *Ora serrata* benachbarten Abschnitten der Hyaloidea mit den aus der Aequatorialgegend und der Umgebung der *Papilla optici* erhaltenen, ergibt, dass in der Nähe der *Ora serrata* und um die *Papilla optici* herum sich die meisten subhyaloidalen Zellen finden und dass die letzteren von diesen beiden Puncten allmählich nach dem Aequator zu an Zahl abnehmen. Ich habe derartige Zählungen beim Kaninchen, Schwein und Schaaf angestellt. Beim Schaaf fanden sich z. B. in einem Gesichtsfeld (Gundlach, Objectiv V, Ocular 3) in der vorderen Region ungefähr 20, in den mittleren Theilen bis 8, in den hintersten Abschnitten 10—14 subhyaloidale Zellen.

Es finden diese Zahlen sowie überhaupt die ganze Vertheilung und die Formverschiedenheiten der beschriebenen Zellen ihre volle Erklärung durch die von Iwanoff (48, S. 169) constatirte Thatsache, dass die fraglichen Formelemente amöboide Bewegungen erkennen lassen. In der Auffassung derselben muss ich freilich von Iwanoff abweichen. Derselbe hält sie für Bildungszellen des Glaskörpers, betraut mit der Schleimbereitung. Nach meinen Beobachtungen, die durch unten näher zu beschreibende Experimente gestützt werden, sind sie weiter nichts wie farblose Blutzellen, die in todten conservirten Glaskörpern in den verschiedensten Formen coagulirt gefunden werden. Ihre Ortsveränderungen

erklären die wechselnde Vertheilung, während ihre Anhäufung in den vorderen und hinteren Abschnitten der Glashaut auf die grössere Nähe ihrer Quelle, der Blutgefässe des Ciliarkörpers und der Papille zurückzuführen ist. Damit in Uebereinstimmung finden wir auch innerhalb der eigentlichen Zonula eine besonders grosse Zahl ähnlicher Zellen.

Die beschriebenen lymphoiden Elemente sind die einzigen Zellen, welche sich im Bereich der *Membrana hyaloidea* finden. Ein Epithel der Hyaloidea, wie es von Huschke (16), Hannover (11), Pappenheim (14), Finkbeiner (33), Ritter (43) und Coccius (40) beschrieben wurde, existirt nicht. Es sollte aus grossen sechseckigen abgeplatteten Zellen bestehen; Finkbeiner beschrieb dieselben sogar von verschiedenen Stellen als von verschiedener Grösse; auch rechnete er die Zellen der *Pars ciliaris retinae* ihnen zu. Während diese Forscher ausser dem Epithel noch eine distincte Glashaut unterschieden, sprach sich schon Brücke (19 S. 31) vorsichtiger dahin aus, dass die Glashaut durch die Verwachsung von sechseckigen Pflasterepithelien entstanden zu sein scheine. Offenbar ist das Verschiedenste als Epithel der Hyaloidea beschrieben worden; es wurden die subhyaloidalen Zellen für die Kerne der Epithelzellen, die netzförmigen Figuren und Schollen aber, welche der Retina entstammen, für die Zellkörper gehalten. So erklären sich meiner Ansicht nach ungezwungen die Angaben in Betreff eines Epithels der Glashaut. Iwanoff (48 S. 463) macht auf dieselben Formelemente als Quellen der Täuschung aufmerksam und äussert sich ebenso entschieden gegen die Existenz eines Epithels.

Iwanoff erwähnt ferner eigenthümlicher grosser flacher Zellen mit kleinem rundem Kerne und gezackten Rändern, die er bei Kindern und Erwachsenen zuweilen auf der Aussenfläche der Hyaloidea traf. Er leitet sie aus dem areolären Blutgefässnetze ab, das sich bei Embryonen auf der Aussenseite des Glaskörpers findet. So oft ich auf der Aussenseite der Hyaloidea zellige Elemente fand, unterschieden sie sich in nichts von Lymphkörperchen oder waren Reste der in den Radialfaserkegeln eingeschlossenen kernhaltigen Protoplasmakörper.

Pappenheim (14), Bowman (21), Finkbeiner (33) beschrieben die Hyaloidea als durchweg faserig und Ciaccio (57) lässt von ihr aus zahlreiche feine Fasern in die Substanz des Glaskörpers treten und dadurch den innigen Zusammenhang zwischen Hyaloidea und Gallerte zu Stande kommen. Von einem solchen faserigen Bau habe ich nichts wahrnehmen können. Frisch erscheint die Membran homogen, nach Behandlung mit Müller'scher Lösung fein bestäubt.

Die in der Nachbarschaft der Zonula auftretenden meridionalen Fasern halten Weber (41) und Blix (54) für die Reste der obliterirten Blutgefässe. Diese Annahme beruht aber auf der falschen Voraussetzung, dass die bei Embryonen an der Peripherie des Glaskörpers vorkommenden Blutgefässnetze dem Glaskörper eigen seien (vergl. darüber auch Lieberkühn (62) p. 366). Wie H. Müller (44) gezeigt und Iwanoff (48) bestätigt hat, gehören diese Gefässe vielmehr der Netzhaut an und gehen später in dieselbe selbst ein. Auch die persistirenden Gefässe der Hyaloidea der Amphibien und Fische sind nach Huschke (16) und H. Müller (44) den Netzhautgefässen homolog anzusehn. Sie zeichnen sich einerseits durch Protoplasmasprossen aus, welche zu neuen Gefässen werden, andererseits durch die von Iwanoff (51) beschriebenen perivasculären Scheiden. In letzterer Beziehung stimmen sie also mit den Netzhautgefässen überein.

§ 33. Bau der Glaskörper-Gallerte, des Humor vitreus.

Der Inhalt des von der Hyaloidea eingeschlossenen Raumes ist eine glashelle Gallerte, deren Consistenz, Wassergehalt und chemische Zusammensetzung bei den verschiedenen Arten der Säugethiere und beim Menschen meist sehr verschieden sind. Bei Embryonen ist das Glaskörper-Gewebe fester, resistenter, wie bei erwachsenen Thieren, und scheint die Abnahme der Consistenz bei

letzteren im Wesentlichen auf eine Zunahme des Wassergehalts zurück zu führen zu sein. Sehr auffallend sind auch noch die Consistenz-Unterschiede des Glaskörpers junger und alter Thiere; so wird z. B. der Glaskörper des Kalbes stets fester gefunden, als der des erwachsenen Rindes. Auf einer Verschiedenheit im Wassergehalt mag es auch beruhen, dass der Glaskörper des Menschen viel weniger resistent ist, als der des Schaafes und anderer Säugethiere.

Aber nicht blos durch den verschiedenen Wassergehalt unterscheiden sich die Glaskörper der verschiedenen Thiere. Eine Abtheilung derselben zeichnet sich durch die zähe fadenziehende klebrige Beschaffenheit des *Humor vitreus* aus (Mensch, Fische), während andere aus einer schlüpfrigen compressiblen Gallerte bestehn (z. B. Hund, Ochs). Diese Unterschiede sind auf die chemische Zusammensetzung des Glaskörpers zurückzuführen. Der des Menschen und der Fische enthält Mucin, während dem *Corpus vitreum* des Hundes, des Ochsen diese Substanz gänzlich zu fehlen scheint; auch beim Schaaf lassen sich nur Spuren von Mucin nachweisen. Dagegen zeichnen sich die mucinfreien Glaskörper, besonders der des Ochsen, durch stärkeren Eiweissgehalt aus. Immerhin ist aber die Menge des Eiweiss eine sehr geringe; sie beträgt in dem relativ eiweissreichen *Corpus vitreum* vom Kalb nur 0,136 pc. nach den Analysen von LOHMEYER (32).

In 100 Theilen Glaskörpergallerte vom Kalb fand LOHMEYER Wasser 98,640, Natronalbuminat 0,136, Fett 0,0016, Extractivstoffe 0,3208, Chlornatrium 0,7757, Chlorkalium 0,0605, schwefelsaures Kali 0,0148, phosphorsauren Kalk 0,0101, phosphorsaure Magnesia 0,0032, phosphorsaures Eisen 0,0026 und Kalkerde 0,0133.

Andere Analysen sind von BERZELIUS (5) und FRERICHS (20) angestellt; nach ihnen schwankt der Wassergehalt zwischen 98,40 und 98,63; auch hier bilden Chlornatrium und Extractivstoffe den hauptsächlichsten Theil der festen Bestandtheile. BERZELIUS' Angaben beziehen sich auf den Glaskörper des Ochsen. Weder er noch FRERICHS erwähnen speciell des Mucins als eines Bestandtheils, und auch LOHMEYER gedenkt desselben nicht; ebenso wird das Vorkommen von Mucin von CIACCIO (57) in Abrede gestellt. Diesen negativen Angaben gegenüber, welche auf Untersuchungen des *Humor vitreus* von Ochs und Kalb sich stützen, muss ich VIRCHOW'S (22) Mittheilung von der Existenz des Schleimstoffs im Glaskörper bestätigen, allerdings mit der Modification, dass ich diese Substanz wohl im Glaskörper des Menschen, aber nicht in dem des Ochsen und Hundes gefunden habe. Quantitative Bestimmungen habe ich freilich nicht ausgeführt. Die Differenzen der Angaben über einen Mucin-Gehalt des Glaskörpers erklären sich also einfach daraus, das die Glaskörper der verschiedenen Thiere und des Menschen eine sehr verschiedene Zusammensetzung besitzen können.

Nach MILLON enthält der Glaskörper auch Harnstoff. Diese von WÖHLER bestätigte Angabe wird durch LOHMEYER (32) in Abrede gestellt. — Nach Krappfütterung wurde von BERZELIUS (5) eine rothe Färbung des *Humor vitreus* beobachtet.

Schon den älteren Anatomen war es bekannt, dass der aus dem Augapfel herausgelöste Glaskörper auf ein Filter gebracht den grössten Theil seiner Masse als klare Flüssigkeit abtropfen lässt, während auf dem Filter selbst auch nach Entfernung der Hyaloidea nur ein geringer Rest klebriger häutiger Substanz zurückbleibt. Es ergibt sich aus dieser Thatsache, dass das *Corpus vitreum* nicht als eine einfache Flüssigkeit anzusehn ist, sondern eine complicirtere Zusammensetzung besitzt. Man hat demnach offenbar einen festen Theil des Glaskörpers von einer Glasflüssigkeit (*Vitrina ocularis*) zu unterscheiden. LOHMEYER (32) hat am Kalbsauge das Verhältniss beider fest zu

stellen gesucht und von 100 Gewichtstheilen Glaskörpersubstanz nur 0,021—0,07 Gewichtstheile festen Rückstandes erhalten. In der Flüssigkeit sind die Salze und Extractivstoffe gelöst; sie enthält ausserdem Spuren von Eiweiss; die chemische Zusammensetzung des festen Rückstandes ist noch nicht genau untersucht. Nach LIEBERKÜHN (62) kann man die Gallertsubstanz des *Corpus vitreum* frei von den durchtränkenden Salzen und von Eiweiss darstellen, wenn man frische Glaskörper in eine grosse Quantität destillirten Wassers legt und letzteres so oft erneuert, wie noch durch essigsaures Blei Niederschläge darin entstehen. Die Gallertsubstanz bleibt noch auf Zusatz von Alkohol und anderen Reagentien vollkommen durchsichtig, zieht sich aber auf Zusatz von grösseren Mengen absoluten Alkohols zu einer noch ganz durchsichtigen, in Wasser wieder aufquellenden Membran zusammen.

In Betreff der Vertheilung der festen Substanz in der Glaskörperflüssigkeit sind die Ansichten der Forscher, namentlich in neuerer Zeit weit auseinandergegangen. Seit den Untersuchungen DEMOURS' (1) glaubte man die eigenthümliche Consistenz der Glaskörpergallerte am einfachsten durch die Annahme von Membranen erklären zu können, welche das *Corpus vitreum* in der verschiedensten Richtung durchsetzen und in zellige die Glaskörperflüssigkeit enthaltende Räume abtheilen sollten. Weil nun aber durch einen kleinen Einstich in die Hyaloidea nach und nach die ganze Vitrina ausfliesst, sah man sich zur Annahme von Communicationen zwischen den einzelnen »Zellen« gezwungen. DEMOURS bediente sich zuerst der Gefriermethode zum Nachweis dieser Räume. Er fand den ganzen Glaskörper von Eisstückchen durchsetzt, die grösser an der Peripherie, kleiner in der Gegend der *Fossa patellaris* waren und vermochte von der Oberfläche derselben mit der Staarnadel ein feines Häutchen abzuheben. Aehnliche Beobachtungen theilten ZINN (2) und DELLE CHIAJE (10) mit. Ersterer machte bereits darauf aufmerksam, dass der gefrorene Glaskörper in der Peripherie einen muschelförmigen Bruch besitze, dass sich von seiner hinteren Fläche Scherben abblättern lassen, welche den Häuten einer Zwiebel analog concentrisch angeordnet sind. Eine ähnliche concentrische Schichtung der Glaskörpersubstanz demonstrirte PAPPENHEIM (14) mittelst einer anderen Methode, durch Behandlung des Glaskörpers mit *Kali carbonicum*. BRÜCKE (15), HANNOVER (18) und FINKBEINER (33) gelangten auf verschiedenem Wege zur Annahme von Membranen, die bei den Säugethieren concentrisch in einander geschachtelt, beim Menschen dagegen nach der Annahme von HANNOVER radienartig um eine von der Papille zur hinteren Linsenfläche verlaufende Axe angeordnet sein sollten. Allein es stellte sich bald heraus, dass die beschriebenen Membranen entweder schichtweise abgesetzten Niederschlägen entsprechen, wie die von PAPPENHEIM, BRÜCKE, FINKBEINER beschriebenen, dass sie überall parallel der Schnittfläche der Glaskörpersubstanz sich bilden (BOWMAN (21) DONCAN (30)), oder dass sie wie die von HANNOVER mittelst dünner Chromsäurelösung dargestellten, aus einer Schrumpfung der Gallerte in bestimmten Richtungen hervorgehn (DONCAN) (30). Nirgends stellen sie sich als scharf begrenzte Falten schlagende Häutchen dar; sie erscheinen vielmehr unregelmässig begrenzt, von körnigen Niederschlägen durchsetzt. Auch im frischen Glaskörper ist es bisher noch auf keine Weise gelungen Membranen nachzuweisen; nur als Auskleidung eines centralen Canales findet sich ein zartes elastisches Häutchen, worüber unten Näheres (vergl. § 34). Wir

dürfen uns also die innerhalb der Hyaloidea liegende Substanz des Glaskörpers nicht im Sinne der älteren Forscher durch Membranen in Zellen oder Fächer getheilt denken, wir haben es vielmehr mit einem einzigen zwischen Hyaloidea und dem erwähnten centralen Canale gelegenen Raum zu thun, der von der Gallerte ausgefüllt ist. Wie ist nun aber innerhalb dieser die Glaskörperflüssigkeit vertheilt? Mit einer einfachen diese Flüssigkeit enthaltenden Cyste hat man es hier offenbar nicht zu thun; denn es sondert sich der Glaskörper in die beiden erwähnten Bestandtheile nicht blos, wenn die Hyaloidea noch vorhanden, so dass man den »häutigen« Rückstand ausschliesslich auf diese beziehen könnte, sondern jedes beliebige aus dem Inneren des *Corpus vitreum* herausgeschnittene Stück hinterlässt nach dem Aussickern der Flüssigkeit eine geringe Menge heller klebriger Substanz. Es muss demnach eine innige Durchdringung der festen Substanz des Glaskörpers und der Vitrina stattfinden, von der man bei der mikroscopischen Untersuchung der frischen Gallerte freilich nichts erkennen kann. Unter dem Mikroscop erscheint sie vielmehr vollkommen homogen, wenn man absieht von den unten zu beschreibenden faserigen und zelligen Formelementen; eine Abgrenzung beider Substanzen ist nicht wahrzunehmen.

Dies schliesst nun aber nicht aus, dass in der Gallerte Räume vorkommen, welche nur Flüssigkeit enthalten. In den centralen Partieen des Glaskörpers hat Doncan (30) die Existenz solcher Räume wahrscheinlich gemacht, indem er sich der entoptischen Untersuchung bediente. Nach Doncan finden sich dieselben im hinteren Theile des Glaskörpers in einem Abstande von $\frac{1}{4}$ bis 4 Mm. vor der Retina und vorzugsweise in verticaler Richtung (bis 3 Mm.) ausgedehnt; auch hinter der Linse sollen besonders in querer Richtung entwickelte mit Flüssigkeit erfüllte Lacunen anzutreffen sein. Diese Beobachtungen stehen mit der Thatsache im Einklang, dass die der Axe benachbarten Partieen des menschlichen *Humor vitreus* weicher, flüssiger sind, als die Rindenschichten, während bei manchen Thieren gerade dieser Kern fester zu sein scheint. Aber auch in den peripherischen Theilen ist die Existenz von Spalträumen innerhalb der Gallerte wahrscheinlich geworden. Es sprechen dafür folgende Thatsachen:

1) An gefrorenen Augen, deren zu einer Eismasse erstarrten Glaskörper man aus dem Bulbus herausgeschält hat, gelingt es, sobald das Aufthauen beginnt, von der Oberfläche feine Eisscheibchen abzublättern, welche concentrisch zu dem Mittelpunct des Bulbus angeordnet sind; auf ihrer Oberfläche findet sich die sog. häutige Substanz (Brücke) (17). Es scheint diese Thatsache, von deren Richtigkeit auch ich mich überzeugt habe, nur die Erklärung zuzulassen, dass die Rinde des Glaskörpers von concentrischen Spalträumen durchsetzt ist, deren Inhalt zu einer compacten Eismasse gefriert. Es werden diese Eisscheiben zunächst an ihrer Oberfläche schmelzen und dadurch beim Aufthauen sich lockern. Im Innern des gefrorenen Glaskörpers lässt sich eine ähnliche concentrische Schichtung nicht mehr nachweisen; man findet hier beim Aufthauen die unregelmässigsten Eisstückchen in den verschiedensten Richtungen liegend.

2) Die Existenz concentrischer Spalten in der Rinde des Glaskörpers findet in den Versuchen von Stilling (56) ihre Bestätigung, die freilich nicht ganz frei von Einwänden sind. Stilling beobachtete, dass farbige Lösungen (Berliner Blau, Carmin), die auf die Schnittflächen eines im Aequator halbirten Glaskörpers geträufelt werden, nicht nur dem Verlaufe des Centralcanals folgend in den

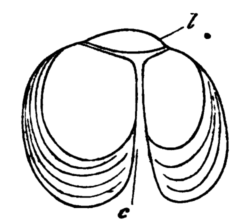
Humor vitreus eindringen, sondern ausserdem noch eine Anzahl concentrisch gelagerter kreisförmiger Furchen der Rindensubstanz anfüllen und von ihnen aus noch 2—3 Mm. weit in das Organ hinein dringen, so dass ein Bild entsteht, wie es in Fig. 53 nach einer Stilling'schen Abbildung wieder gegeben ist. An besonders guten Schnitten sah STILLING auch noch innerhalb der centralen Masse gefärbte Linien; es verlief vom Centralcanale nach der Mitte des Querschnitts eine dieser Linien, welche sich an dieser Stelle in zwei theilte, die nicht selten gegabelt enden (Dreihörnchenfigur nach STILLING, siehe Fig. 53).

Fig. 53.

Aequatorialschnitt eines Säugethier-Glaskörpers (Schaaf, Schwein) nach Stilling. *c* Centralcanal mit Dreihörnchen-Figur. Die concentrischen Linien der Peripherie deuten die nach Aufträufeln farbiger Lösungen sich füllenden concentrischen Spalten der Rinde an. Schematisch.

STILLING deutete alle diese gefärbten Linien als Anfänge von Spalträumen, welche in der Peripherie dicht neben einander als schalenförmige concentrische Räume die Gallerte durchziehen, in dem sonst homogenen Kerne dagegen eine radiäre Anordnung in der sog. Dreihörnchenfigur zeigen. Die concentrischen Spalträume der Rinde vermochte er auch an Schnitten durch die Augenaxe nachzuweisen, sie schienen hier in der Nähe des hinteren Poles sämmtlich in den Centralcanal zu münden, während sie nach vorne in der Gegend der *Ora serrata* ihr Ende finden (Fig. 54). So unterscheidet STILLING also am Glaskörper eine von concentrischen Spalträumen durchzogene Rinde und einen homogenen Kern; der letztere besitze jedoch von der *Ora serrata* an keine Rindenbekleidung mehr, so dass die vordere Grenze des Glaskörpers nur von Kernsubstanz gebildet werde. — Gegen die Beweiskraft dieser Stilling-schen Versuche lässt sich nun einwenden, dass an einem, sei es im Aequator, sei es in der Axe halbirten Augapfel die Glaskörpersubstanz, auch wenn man alle mögliche Vorsicht anwendet, unmöglich vor künstlichen Spaltenbildungen geschützt werden kann, da ja die Wände des Bulbus nicht starr sind und solche Spalten schon während der Uebertragung in eine starre zur Aufnahme des Augenabschnitts bestimmte Hohlkugel entstehen werden; bei der von STILLING geübten Methode, nach welcher der Glaskörper erst halbirt wird, nachdem man ihn mit der Iris, Linse und *Corpus ciliare* im Zusammenhang aus dem Augapfel herausgeschält hat, sind solche Zerreissungen noch leichter möglich und werden mit Nothwendigkeit eintreten müssen, wenn derselbe nicht durch eine Hohlkugelhälfte dagegen gesichert ist. Die Dreihörnchenfigur verdankt wohl unzweifelhaft einer solchen Zerklüftung ihre Entstehung. Nicht so absprechend möchte ich über die concentrischen Spalten der Rinde urtheilen, obwohl es mir bisher nicht geglückt ist, das von STILLING beschriebene Bild zu erhalten. Ebenso gelang es mir nicht durch Einstich-Injection unter die Pialscheide des Sehnerven im Glaskörper andere Räume zu füllen, als den Centralcanal (s. unten). Dagegen erhielt ich in einem Falle bei Einstich in den Glaskörper des Ochsen in der Rindenschicht desselben zwei parallele schalenförmige Räume gefüllt, von

Fig. 54.



Schnitt durch die Axe eines Säugethier-Glaskörpers nach Stilling. *c* Centralcanal; *l* Linse. Die Rinde durch concentrische Spalten ausgezeichnet.

denen der oberflächlichste sich nach vorn bis in die Gegend der *Ora serrata*, der innere in geringerer Ausdehnung erstreckte. Dies beweist offenbar, dass in der Rinde des *Corpus vitreum* schalenförmige concentrische Räume sich vorfinden, in welchen sich die eingespritzte Flüssigkeit leichter bewegt, wie in den dazwischen befindlichen Theilen.

3) Iwanoff (55 und 61) gelang es, an dünnen Querschnitten durch Glaskörper in Müller'scher Flüssigkeit erhärteter Augen einen Zerfall der peripherischen Substanzlage in concentrisch angeordnete Lamellen nachzuweisen, zwischen denen sich also analoge Spalten befinden. Auch er unterscheidet demnach eine geschichtete Rinde und einen homogenen Kern, ist aber Stilling gegenüber der Ansicht, dass die Rinde, indem ihre Lamellen schmäler werden und sich zusammendrängen, den Kern auch vorn, also in seiner ganzen Ausdehnung überzieht.

4) Auch die Bilder, welche Hannover (18) aus den Augen der Säugethiere beschreibt, finden ihre Erklärung am ungezwungendsten in der Annahme eines concentrisch geschichteten Baues der Rinde. Er beobachtete an Augen, die längere Zeit in sehr dünner Chromsäure gelegen hatten, einen eigenthümlich concentrisch blättrigen Bau, der besonders deutlich in den peripherischen Theilen ausgesprochen war. Die einzelnen Blätter hielt er für präformirte membranöse Scheidewände; sie sollen geschlossene Säcke bilden, die in der Gegend des *Corpus ciliare* nach vorn umbiegen und hinter der Linse eine der hinteren Fläche derselben parallele Lage darstellen, wie dies Fig. 55 nach einer Abbildung Hannover's zeigt. Offenbar haben wir es aber in den Hannover'schen Bildern nur mit geschrumpften Theilen der Glaskörpersubstanz zu thun. Wenn die einzelnen Lamellen der Rinde in Folge der Einwirkung der Chromsäure schrumpfen, müssen offenbar die zwischen ihnen befindlichen Spalten weiter werden; so entstehen dann die Hannoverschen concentrischen Häute.

Fig. 55.

Horizontaler Durchschnitt des Pferdeauges nach Hannover. Chromsäure-Präparat.

Die angeführten Beobachtungen beziehen sich nun aber mit Ausnahme vielleicht der Angaben Iwanoff's nur auf Thieraugen. In wie weit der Glaskörper des Menschen einen ähnlichen Bau besitzt, ist noch nicht genügend festgestellt. Ich musste aus Mangel an frischem Material darauf verzichten, diese Frage auf dem von Stilling betretenen Wege oder einem ähnlichen zu entscheiden. An menschlichen Augen, die längere Zeit in Müller'scher Lösung conservirt waren, fand ich dagegen die durch Fig. 56 erläuterte Beschaffenheit des Aequatorialschnitts. Von einer compacten Rindenschicht gehen radienartig eine Anzahl von Scheidewänden zum Centrum des Glaskörpers, um hier in einer centralen Masse undeutlich aufzuhören. In geringem Abstande von der Rinde

Fig. 56.



Aequatorialschnitt des menschlichen Glaskörpers. Präparat aus Müller'scher Lösung.

zeigte sich noch ein zweiter concentrischer Kreis. Es erinnert dies Bild sehr an die von HANNOVER (18) mitgetheilte Abbildung eines Aequatorialschnitts durch den menschlichen Glaskörper, nur dass in HANNOVER's Zeichnung eine besondere Rindenschicht nicht zu erkennen ist und die Zahl der Radien von diesem Forscher auf 180 angegeben wird, während ich deren nur 37 zähle. Aehnliche Bilder wie HANNOVER, welcher dieselben mit dem Aussehen einer Apfelsinen-Schnittfläche passend verglich, erhielt BOWMAN (21) nach längerer Einwirkung dünner Chromsäure vom Glaskörper eines neunmonatlichen Fötus, während er an Augen von Erwachsenen (Fig. 3 und 4 von BOWMAN) nach derselben Methode eine concentrisch gestreifte Rinde und radiär gestreiften Kern wahrnehmen konnte. In letzterem befand sich öfter eine unregelmässige Höhle, die in ähnlicher Weise sich an meinen Präparaten wiederfand und einfach ihre Erklärung in Zerreissungen bei der Schnittführung findet. Ganz analoge Resultate, eine concentrische Streifung der Rinde und radiäre der centralen Partieen erhielt GERLACH (28) nach Anwendung der dünnen Chromsäure, SMITH (53) nach Behandlung des Glaskörpers mit Carbolsäure. Fasst man alle diese Beobachtungen zusammen und wendet auf den Glaskörper des Menschen dieselbe Erklärung der Chromsäure-Bilder an, wie sie oben für die der Thiere aufgestellt und im Einklang mit allen Thatsachen gefunden wurde, so haben wir auch beim Menschen eine ähnlich concentrisch geschichtete Rinde mit entsprechenden Spalträumen anzunehmen. Während aber die centralen Theile bei den Thieren aus verdichteter Substanz bestehn, findet sich hier beim Menschen ein sehr lockeres leicht zerstörbares Gefüge; es spaltet sich die Kerngallerte unter der Einwirkung der Chromsäure in radiärer Richtung und schrumpft zu einer Anzahl radiärer Septen zusammen, die an der den Centralcanal bergenden Axe des Glaskörpers ihren Ansatz finden. Wir sehen hier also die feste Substanz in viel geringerer Menge, wie in der Peripherie, eine Thatsache, die mit der grösseren Flüssigkeit der centralen Theile des Glaskörpers vollkommen harmonirt. Ob nun der radiären Zerklüftung dieses Kerns am frischen Glaskörper feine radiäre Spalten entsprechen, muss eine erneute Untersuchung frischer Augen lehren.

BRÜCKE (15) bediente sich, um die Existenz von Membranen im Glaskörper nachzuweisen, einer concentrirten Lösung von Bleizucker. Seine früheren Versuche über Diffusion hatten ergeben, dass, wenn zwei durch eine dünne Membran geschiedene Flüssigkeiten einander fällen, der Niederschlag immer zuerst auf und in der Membran eintritt. Dieser Voraussetzung entsprechend sah er in Glaskörpern, welche einige Zeit in der genannten Lösung verweilt hatten, eine feine milchweise Streifung auftreten, deren äussere Schichten der Retina, deren innere der hinteren Fläche der Linse parallel waren.

Mit Recht hob BOWMAN (21) BRÜCKE gegenüber hervor, dass diese Bilder nicht beweisend sein könnten, weil eine ähnliche durch weisse Linien markirte Schichtung sich stets parallel einer jeden der Einwirkung des Bleizuckers ausgesetzten Schnittfläche einstelle. Ich habe mich ebenso wie DONCAN (30) von der Richtigkeit dieser Angaben BOWMAN's überzeugt. Es stellen sich aber nicht blos Linien parallel der Schnittfläche ein, sondern häufig, wie in Fig. 11 von BOWMAN von einem vorderen Segmente abgebildet ist und wie ich es an einem hinteren Abschnitte beobachtete, schräg gegen die Oberfläche gerichtete Linien, die meiner Ansicht nach ihre einfache Erklärung in Rissen der Glaskörpersubstanz finden. In diese wird die Lösung alsbald hineindringen und von hier aus auf die benachbarten Theile in analoger Weise einwirken, wie von der Schnittfläche aus.

Die Angaben HANNOVER's (18) über den Bau des Glaskörpers der Säugethiere und des

Menschen sind schon oben ausführlich besprochen; hier ist nur noch zu erwähnen, dass dieser Forscher später beim Pferd ausser den gewöhnlichen concentrischen Säcken des Glaskörpers noch zahlreiche feine schief gestellte Zwischenwände zwischen je zwei Hauptmembranen beschrieb, durch welche der Zwischenraum zwischen denselben in eine Menge kleiner Räume getheilt werde. — Auch bei den anderen Wirbelthieren beschrieb er ähnliche Membranen. Bei den Vögeln finden sie sich in der Peripherie concentrisch angeordnet, während sie in den centralen Partieen fächerförmig von beiden Flächen des Pecten ausstrahlen. Eine Schichtung zeigt ferner der Glaskörper des Frosches und der Schildkröte; in letzterem zählt man nur 6 bis 7 concentrische Lamellen. Auch bei den Fischen ist der concentrische Bau durch zahlreiche dünne der hinteren Fläche der Linse und der Oberfläche der Netzhaut parallele Blätter ausgesprochen. BOWMAN (21) vermochte dagegen bei den Vögeln keine concentrischen Lamellen zu finden (nach Chromsäure-Behandlung), sondern sah nur opake Fasern vom Gipfel des Kammes gegen die *Ora serrata* und Linse ziehn; bei den Fischen erhielt er ebenfalls andere Resultate als HANNOVER, während LEYDIG (24) bei *Chimaera monstrosa* nach Behandlung mit Chromsäure ein System häutiger, der hinteren Linsenfläche concentrischer Säcke im Glaskörper fand.

Dass die von HANNOVER als Membranen beschriebenen durch Schrumpfung der Glaskörpersubstanz entstandenen Blätter nicht wirklich Membranen sind, ist schon besprochen worden. Auch die sackförmigen Häute, welche FINKBEINER (38) durch Behandlung frischer Glaskörper mit Sublimat darstellte und zu Gunsten der Ansicht HANNOVER's anführt, sind nichts weiter wie Pseudomembranen, durch Niederschläge hervorgerufen. Dasselbe gilt, wie C. O. WEBER (41) bemerkt, für die schalige Structur, welche der Glaskörper nach Aufbewahrung in Höllensteinlösung annimmt. Dass sich auf keine Weise überhaupt Membranen innerhalb der Glaskörpersubstanz nachweisen lassen, betonen mit aller Bestimmtheit KÖLLIKER (34), DONCAN (30), C. O. WEBER (41), BLIX (54) und IWANOFF (61).

Während BRÜCKE und HANNOVER in den von ihnen dargestellten Membranen des Glaskörpers mikroscopisch nur feine Körnchen nachzuweisen vermochten, beschrieb BOWMAN (21) dieselben als aus einem Fasernetz zusammengesetzt, in dessen Knotenpuncten »nucleare Granulationen« sich befänden. — Nach FINKBEINER (38) und COCCIUS (40) sollen aber die Membranen noch zusammengesetztere Bildungen sein. FINKBEINER lässt sie aus je drei Schichten bestehen: aus einer fibrösen Lage, welche jederseits von einem Epithel bekleidet sei, während COCCIUS die Membranen zwar ebenfalls aus Epithel sich zusammensetzen lässt, die sich aber aus den Bindegewebszellen des embryonalen Glaskörpers entwickelt haben sollen. FINKBEINER's und COCCIUS' Angaben beruhen auf einem Irrthum: Epithelzellen gibt es nirgends innerhalb des Glaskörpers.

§ 34. Der Centralcanal des Glaskörpers.

Im entwickelten Auge der Säugethiere und des Menschen wird der Glaskörper in der Richtung von der *Papilla optici* zur hinteren Linsenfläche von einem mit einer wasserhellen Flüssigkeit erfüllten Canale durchsetzt, der als *Canalis hyaloideus* bezeichnet wird. Derselbe beginnt mit einer geringen, trichterförmigen Erweiterung (*Area Martegiani*) an der Papille, um sich sodann zu einer etwa 2 Mm. weiten cylindrischen Röhre (beim Schwein und Menschen) zu verschmälern und schliesslich unmittelbar hinter der hinteren Linsenkapsel sein Ende zu finden. Da die *Papilla optici* excentrisch liegt, so muss nothwendiger Weise auch der Centralcanal des Glaskörpers excentrisch verlaufen.

STILLING (52), dem wir den Nachweis dieses Canales verdanken, bediente sich zur Demonstration desselben einer farbigen Lösung (Carmin) welche er auf die der *Papilla optici* entsprechende Stelle eines aus den Häuten heraus präparirten Glaskörpers träufelte. Auch an Augen, die im Aequator halbirt sind, lässt sich

der Centralcanal durch Aufträufeln der erwähnten Lösung auf die Schnittflächen leicht demonstriren; besonders leicht gelingt die Demonstration an Schweinsaugen.

Die von STILLING geübten Methoden habe auch ich zur Darstellung des *Canalis hyaloideus* mit Erfolg in Anwendung gebracht. Es ist mir aber ausserdem noch gelungen auf einem anderen Wege eine solche Füllung zu erzielen (63). Durch dasselbe Verfahren, welches mir eine Füllung der perivasculären Canäle der Netzhaut ergab, durch Einspritzung von gelöstem Berliner Blau oder Alkannin-Terpentin unter die Pialscheide des Sehnerven, erhält man leicht auch eine schöne Füllung des Centralcanals, so dass also durch diesen Versuch zugleich auch der Zusammenhang des *Canalis hyaloideus* mit den Lymphbahnen des Opticus nachgewiesen ist.

In welcher Weise der Centralcanal in der Nähe der hinteren Linsenkapsel endigt, ist noch nicht genügend ermittelt. An meinen Präparaten hörte die Injectionsmasse dicht hinter der Linse abgerundet auf, zuweilen leicht kolbig verdickt. Die Stelle, an welcher die Endigung stattfindet, scheint auch nicht constant zu sein; nach STILLING endet er nicht hinter der Mitte der hinteren Linsenfläche, sondern excentrisch, so dass sein Verlauf dann also mit der optischen Axe keinen spitzen Winkel bildet, sondern derselben parallel sein würde.

Der Centralcanal ist von einer deutlichen glashellen Membran ausgekleidet, die an ihren Falten leicht als solche zu erkennen ist und feinstreifig erscheint. Hie und da findet man auf ihrer Oberfläche abgeplattete körnige Zellen von unregelmässiger Form, die vielleicht wie die subhyaloidalen Zellen auf farblose Blutzellen zurückzuführen sind. Diese Membran des Centralcanals scheint in der *Area Martegiani* unmittelbar in die Hyaloidea überzugehn und entspricht offenbar dem Theile der Glashaut des Vogelauges, welcher den Kamm überzieht. LIEBERKÜHN (62) hat bei embryonalen Augen eine ähnliche Membran als Begrenzung des die *Arteria hyaloidea* enthaltenden Raumes beschrieben.

Die Weite des Centralcanals ist nach STILLING (52 u. 56) in den Augen der verschiedenen Thiere sehr verschieden. Während er beim Menschen, Schwein, Kaninchen, Pferd, Hirsch, Reh relativ weit ist, 2 Mm. und darüber im Durchmesser beträgt, ist er beim Schaaf sehr eng, nur ½—1 Mm. weit. Auch individuelle Schwankungen kommen vor; so wird er beim Ochsen bald weiter, bald enger gefunden. Bei Kindern ist er enger wie bei Erwachsenen; er misst bei ersteren ½ Mm., bei letzteren 2 Mm. im Durchmesser. Der *Canalis hyaloideus* der älteren Anatomen, den CLOQUET (4) zuerst als solchen aufführte, entspricht nicht dem von STILLING (52) entdeckten Centralcanale des entwickelten Glaskörpers; CLOQUET verstand darunter nur den Raum, in welchem die *Arteria hyaloidea* beim Embryo durch den Glaskörper verläuft; beim Erwachsenen sollte ein solcher Canal gänzlich fehlen (vergl. HUSCHKE (16) S. 735 u. 736). Von neueren Forschern gedenken HANNOVER (25) und FINKBEINER (33) eines solchen Canales. Ersterer versteht darunter ebenfalls den von der *Arteria hyaloidea* eingenommenen Raum, von dem die Scheidewände radienförmig ausstrahlen; bei Erwachsenen hat er ihn nie offen gefunden. Nach FINKBEINER findet sich hier an Stelle eines offenen Canales ein Strang, der eine durchsichtige feinstreifige Hülle und ein kernhaltiges fibrilläres Innere erkennen lasse. Beim Ochsen sah er in einem Falle diesen Strang nahe der Papille sich in zwei Schenkel theilen und in zwei ampullenartige Erweiterungen übergehn, die mit runder Oeffnung an der Papille begannen. An der Bildung der Wandungen des centralen Stranges sollen sich die auch nach FINKBEINER den Glaskörper durchziehenden membranösen Säcke betheiligen.

Eine leichte Erweiterung des Canales existirt unzweifelhaft an der Papille. Besonders leicht ist sie am Auge des Ochsen zu erkennen, wo sich noch ein weisslicher zapfenförmiger Körper von der Oberfläche der Papille erhebt, um den Anfang des *Canalis hyaloideus* auszufüllen (H. Müller (36)). Schon Zinn (2) beschrieb an dieser Stelle eine trichterförmige Einsenkung, genauer Martegiani (8), der dieselbe nach seinem Vater *Area Martegiani* benannte (vergl. Huschke (16) S. 785). Gewöhnlich entspricht der Durchmesser derselben ungefähr dem der Sehnerven-Papille; nach Stilling (56) soll er beim Schwein in der Regel 2 Mm. mehr betragen, als der letztere. Beim Schaaf ist nach Stilling die *Area Martegiani* kaum angedeutet; sehr deutlich ist sie dagegen beim Pferde, Schweine und bei der Katze.

Die Art der vorderen Endigung des Canales ist noch nicht genügend festgestellt; ich sah ihn meist abgerundet aufhören. Stilling zeichnet (vergl. Fig. 54) einen Uebergang in eine zwischen Glaskörper und Linse befindliche Spalte, ohne sich näher darüber im Text zu äussern. Michel (64) erhielt in einigen Fällen beim Schweinsauge eine Füllung des *Canalis hyaloideus* zugleich mit der des Petit'schen Canales durch Einstich-Injection in die vordere Augenkammer.

Beim Embryo enthält der Centralcanal die *Arteria hyaloidea*, welche sich sodann in der *Fossa patellaris* zu einem Gefässnetz ausbreitet. Nicht selten persistirt diese Arterie noch einige Zeit nach der Geburt, so beim Schweine (Stilling (56)), Kalbe und Pferde (H. Müller (36)), ja es ist bei ersterem oft noch die ganze Gefässausbreitung auf der hinteren Linsenkapsel zu sehn (Lieberkühn (62)). Auch beim Menschen ist mehrfach eine persistirende *Arteria hyaloidea* beobachtet (von Meissner[1]), Saemisch[2]), Wecker[3])). Beim Ochsen findet sich constant als Inhalt der *Area Martegiani* ein weisslicher zapfenartiger Vorsprung der *Papilla optici*, von dem sich eine fadenförmige Verlängerung weit nach vorn bis gegen die Linse verfolgen lässt. Zapfen und Strang werden nach H. Müller (36) von einer structurlosen Scheide umgeben; letzterer zeigt sich bei mikroscopischer Untersuchung längsstreifig mit längsgestellten Kernen (vergl. auch Finkbeiner (33)); der Zapfen dagegen enthält in einer structurlosen oder körnig-streifigen Grundlage eine grosse Menge dicht gedrängter Kerne. Klebs (42) beschreibt eine ähnliche Anhäufung von Kernen, die kleinen rundlichen Zellen angehören, aus der physiologischen Excavation des Sehnerven beim Menschen; sie sollen ohne scharfe Grenze seitlich in die Hyaloidea übergehn; es sei »diese Gegend die gemeinschaftliche Wurzel der Hyaloidea und des Glaskörpers«. Die Beobachtungen H. Müller's am Ochsenauge sprechen jedoch mit aller Entschiedenheit gegen die Annahme von Klebs.

§ 35. Fasern und Zellen des Glaskörpers.

Der reife Glaskörper erscheint bei mikroscopischer Untersuchung im frischen Zustande vollkommen durchsichtig und homogen und scheint der histologischen Formelemente gänzlich zu entbehren. Im Glaskörper des Embryo dagegen gelingt es stets leicht, Zellen nachzuweisen. Eine genauere Untersuchung lehrt solche auch aus dem entwickelten Glaskörper kennen. Die Zellen sind hier aber im Verhältniss zu der grösseren Menge der Grundsubstanz spärlicher vorhanden und im frischen Zustande meist schwierig wahrzunehmen.

Dasselbe gilt von den faserigen Elementen, die aus der Glaskörpergallerte beschrieben worden sind. Im frischen Zustande ist von Fibrillen innerhalb der Gallerte gewöhnlich keine Spur zu erkennen (Lieberkühn) (62). Auch habe ich mich meist vergeblich bemüht, mit Hülfe der gewöhnlich zum Nachweis und zur Isolirung von Bindegewebsfibrillen in Anwendung kommenden Reagentien

---

1) Zeitschr. für rationelle Medicin. 3. Reihe. I. Bd. 1857. S. 562.
2) Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. 1863.
3) Ebenda. Juli 1869.

(*Kali hypermanganicum* etc.) solche Elemente aus dem *Corpus vitreum* zu erhalten. Nur in einem Falle vermochte ich im menschlichen Glaskörper ohne Anwendung von Reagentien Fibrillenzüge nachzuweisen; es betraf dies solche, welche zu einem unten genauer anzugebenden Zwecke in den Rücken-Lymphsack eines Frosches gebracht waren und dort einen grossen Theil ihres Wassers durch Resorption verloren hatten. Beim Schaaf, Schwein gelang mir der Nachweis von Fibrillen dagegen weder auf diese noch auf eine andere Weise.

Einer anderen Art von Fasern innerhalb des Glaskörpers gedenkt Lieberkühn (62); es sind dies Reste der embryonalen Gefässe, welche meist nur vereinzelt vorkommen und bisweilen an einzelnen Stellen in feinste Körnchen zerfallen erscheinen.

Nach den Untersuchungen Iwanoff's (61) finden sich ferner constant in der Gegend der *Ora serrata* Bündel äusserst feiner Fibrillen, welche an dieser Stelle an die Oberfläche des Glaskörpers treten und nun im Contact mit der Limitans nach vorn als Zonulafasern weiter verlaufen sollen. Ich muss in Betreff der Frage nach dem Ursprung der Zonulafasern auf ein anderes Capitel dieses Lehrbuchs verweisen und bemerke hier nur, dass ich mich zwar von der Existenz von Fibrillen in der Gegend der *Ora serrata* überzeugt habe, aber den alleinigen Ursprung der Zonulafasern aus diesen Fibrillenzügen durchaus nicht sicher erwiesen halte.

Die erwähnten Fibrillen und Fasern gehören nun mit Ausnahme der in der Gegend der *Ora serrata* vorkommenden immerhin zu den selteneren Erscheinungen; am spärlichsten finden sich wohl die von Lieberkühn beschriebenen Fasern und scheinen dieselben überdies ihrer Entstehung nach eine ganz andere Beschaffenheit zu besitzen, wie die von Iwanoff und mir beschriebenen Fibrillenzüge. Während erstere wahrscheinlich elastischer Natur sind, sind letztere den Bindegewebsfibrillen offenbar nahe verwandt. Im Glaskörper von Embryonen kommen dieselben in grösserer Menge vor; die Substanz derselben erscheint demnach feinstreifig und resistenter, als im Auge von Erwachsenen (v. Wittich) (29).

Ganz anderer Art sind die Fasernetze, die in pathologischen Fällen, namentlich beim Beginn von Glaskörper-Eiterungen, in grösserer Ausdehnung innerhalb der Gallerte aufzutreten pflegen (O. Weber (41), S. 411 u. 412). Nach meinen Untersuchungen sind dieselben sehr resistente Gebilde, erinnern in dieser Beziehung an elastische Fasern und sind wohl am besten mit den eigenthümlichen Fasern, welche in pathologischen Fällen innerhalb der Neuroglia des Sehnerven auftreten [1]), zu vergleichen.

Alle anderen Angaben über die Existenz von Fasern irgend welcher Art innerhalb des Glaskörpers beruhen darauf, dass man durch Reagentien hervorgerufene Bilder für präexistent gehalten hat. Dies gilt auch von der Behauptung von Ciaccio (57), der nach Behandlung mit Chromsäure oder Alkohol feine Fasernetze nachzuweisen vermochte, welche er mit den früher bereits von Bowman (21) aus fötalen Glaskörpern beschriebenen Netzen für identisch hält. Bowman beschrieb jedoch in den Knotenpuncten seiner Fasernetze kleine kugelförmige Anschwellungen als *nuclear granules*. Nach Ciaccio sind dies nur die optischen Durchschnitte der in eine andere Ebene umbiegenden Fasern. Lieberkühn (62) macht nun bereits darauf

---

1) Michel, Ueber eine Hyperplasie des Chiasma und des rechten Nervus opticus bei Elephantiasis. Archiv für Ophthalm. 19, 3.

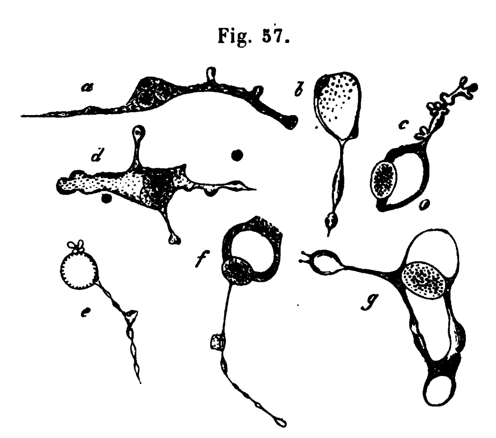
aufmerksam, dass viele Reagentien, namentlich Alkohol und Chromsäure die Erscheinung von Fasern hervorrufen. Nach meinen Beobachtungen ist die Form des Niederschlags nach Behandlung mit Chromsäure oder Alkohol eine solche, dass feine Körnchen zerstreut liegen zwischen kleinen feinen stäbchenförmigen Bildungen. Indem letztere in den verschiedensten Richtungen angeordnet sind, entsteht der Eindruck von Fasernetzen. Die Untersuchung mittelst starker Objective löst dieselben aber in unzusammenhängende Stücke auf, die sich häufig zickzackförmig an einander lagern und identisch zu sein scheinen mit den von Meckel (34) aus pathologischen Augen beschriebenen Zickzackfasern, »Blitzfiguren«.

Auch das feine Fasernetz, welches Blix (54) beschreibt, in dessen Knotenpuncten spindel- oder sternförmige kernlose (!) Zellen sich befinden sollen, dürfte auf die von Bowman und Ciaccio beschriebenen Kunstproducte zurückzuführen sein.

In den Arbeiten älterer Forscher findet sich ebenfalls die Angabe eines faserigen Baues des Glaskörpers sehr verbreitet. So beschreibt Huschke (16) von der Hyaloidea in das Innere des *Corpus vitreum* ausstrahlende Faserbüschel, die aber erst nach Härtung in Sublimat oder kohlensaurem Kali nachzuweisen waren. Pappenheim (14) sah an Glaskörpern aus *Kali carbonicum* eine faserige Textur und vermuthet, dass diese Fasern mit Flüssigkeit gefüllte Röhren seien.

Es wurde oben erwähnt, dass am frischen reifen Glaskörper der Nachweis von Zellen schwieriger gelingt, wie am embryonalen *Corpus vitreum*, dass aber dennoch der Glaskörper des Erwachsenen unzweifelhaft solche Formelemente beherbergt. Bei aufmerksamer Untersuchung sind sie hier namentlich in den peripherischen Schichten schon ohne jeden Zusatz eines Reagens zu erkennen als äusserst blasse Gebilde, die im Lichtbrechungsvermögen nur wenig von dem der klaren Grundsubstanz differiren. Deutlicher werden sie nach Behandlung mit Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit; um sie scharf hervorzuheben, empfiehlt es sich aber, den Glaskörper mit Carmin oder Anilin zu tingiren. Es zeigen sich dann die zelligen Elemente innerhalb der Glaskörpersubstanz in den allerverschiedensten Formen. Nach dem Vorgange von Iwanoff (48) kann man 3 Hauptformen unterscheiden, die aber, wie ich besonders hervorheben muss, durch die Existenz zahlreicher vermittelnder Gestalten ihre Zusammengehörigkeit unzweifelhaft documentiren. Man unterscheidet:

Fig. 57.



Zellen des menschlichen Glaskörpers. *a* und *d* ohne, *b*, *c*, *e*, *f*, *g* mit Vacuolen. *c* und *d* mit abgelösten Protoplasmakügelchen. Zeiss F. Ocular 2.

1) rundliche Zellen mit einem oder mehreren Kernen von ganz derselben Beschaffenheit, wie die oben ausführlicher beschriebenen subhyaloidalen Zellen und offenbar auch desselben Ursprungs. Sie finden sich einzeln durch die Glaskörpersubstanz zerstreut, doch immer in geringer Menge und vorzugsweise in den peripheren Partieen.

2) Die zweite Form wird nach Iwanoff durch stern- oder spindelförmige Zellen repräsentirt, die besonders in der Rindensubstanz angetroffen werden.

Dieselben (Fig. 57 *a* und *d*) besitzen die unregelmässigsten Formen, zeigen buchtige Umrisse und meist mehrere lange protoplasmatische Ausläufer, die stellenweise kleine kugelförmige Anschwellungen tragen, deren Protoplasma-Natur ebenfalls leicht nachzuweisen ist. Diese Kügelchen sind bald nur isolirt an einem Ausläufer vorhanden, bald in grösserer Zahl wie hinter einander aufgereihte Perlen. Das Ende des Ausläufers ist entweder spitz (Fig. 57 *a*) oder ebenfalls mit einem Kügelchen versehen (Fig. 57 *d*); letzteres hängt oft nur noch durch einen sehr dünnen Stiel mit dem Zellkörper zusammen, so dass die Möglichkeit eines Abreissens nahe liegt. Abgelöste Kügelchen derselben Substanz findet man in der That in der Nachbarschaft dieser Zellen sehr häufig (Fig. 57 *d*); ich werde auf dieselben unten noch zurück kommen.

3) Die dritte Form von Iwanoff's Glaskörperzellen characterisirt sich durch die Existenz heller Blasen im Innern des Zellkörpers. Nach meinen Beobachtungen sind diese Zellen nur in den seltensten Fällen einfach kugelig, die meisten besitzen vielmehr einen (Fig. 57 *b*, *c*, *e*, *f*) oder mehrere (*g*) Fortsätze von ganz derselben Beschaffenheit, wie die oben beschriebenen der zweiten Kategorie. Die Blasen sind entweder scharf begrenzt oder auch wohl undeutlich umrandet, so dass es scheint, als habe man es mit einer Quellung der Zellsubstanz zu thun (Fig. 57 *e*). Stets enthalten sie einen klaren homogenen Inhalt, der in vielen Fällen unzweifelhaft flüssig ist, da man die in denselben hineingelangten Körnchen in Molecularbewegung sieht (Lieberkühn 62, S. 340). Gewöhnlich findet sich nur eine Blase; allein in einigen Fällen sah ich, wie Iwanoff deren zwei durch eine dünne Brücke Protoplasma, die den Kern enthalten kann, getrennt (Fig. 57 *g*). Auch hier fand ich häufig in der Nachbarschaft solcher Zellen, deren Ausläufer zahlreiche kuglige Anschwellungen zeigten, kleine Protoplasmakügelchen, offenbar abgeschnürte Theile der Zellsubstanz.

Die Zahl, Grösse und Form der Kerne dieser Zellen variirt ausserordentlich. Ich zählte deren bis drei; wo mehrere Kerne in einer Zelle liegen, sind sie kleiner, wie die der einkernigen. Die Form ist bald kuglig; bald oval oder nierenförmig. Auch kernlose Protoplasmakörper mit Blase fand ich, die abgesehn von dem Mangel des Kerns den übrigen in Allem glichen. Während die stern- und spindelförmigen Zellen gewöhnlich in der Rinde des Glaskörpers angetroffen werden und bei Kindern sehr häufig sind, finden sich die mit Bläschen versehenen besonders bei Erwachsenen und auch hier meist in den centralen Theilen des *Corpus vitreum*.

Die zahlreichen Uebergangsformen zwischen den drei geschilderten Zelltypen weisen entschieden auf eine Zusammengehörigkeit derselben hin; diese Ansicht erhält eine weitere Bestätigung durch die Entdeckung von Iwanoff (48), dass alle drei Arten von Zellen Bewegungserscheinungen zeigen. Die Annahme, dass ihre verschiedenen Formen auf Gestaltveränderungen einer und derselben Art zurückzuführen seien (Lieberkühn 62, S. 340) liegt demnach nahe genug. Damit ist aber noch nicht die Frage nach der Natur und Herkunft dieser Zellen entschieden. Offenbar erinnern die kugligen Protoplasmakörper der ersten Art auffallend an weisse Blutkörperchen. Dass dieselben ebenso wie in andere Gewebe auch in die Substanz des Glaskörpers einwandern können, kann nicht bezweifelt werden. Hier werden sie aber bald innerhalb der schleimigen Grundsubstanz, bald innerhalb der mit Flüssigkeit erfüllten Lücken ihren Weg nehmen,

in ersterer zu langen Protoplasmafäden ausgezogen werden, in letzteren eigenthümliche Quellungserscheinungen zeigen, es wird zur Vacuolenbildung kommen. Dem entsprechend finden wir die mit Bläschen versehenen Zellen auch vorzugsweise bei älteren Individuen, deren Glaskörper wasserreicher ist, und hier wieder in den flüssigen centralen Theilen in grösserer Menge, während die langen Fäden besonders im zäheren peripheren Theile der Glaskörpersubstanz sich bilden werden. In besonders reichlicher Menge trifft man die Blasenzellen bei Glaucom, in allen Fällen von Zunahme der Glaskörperflüssigkeit, während sie bei Schrumpfung des Glaskörpers völlig schwinden (IWANOFF) (48), eine Thatsache, die mit der von mir entwickelten Anschauung über ihre Natur vollkommen im Einklang steht.

Um nun diese Vermuthung zur Gewissheit zu erheben, habe ich versucht, die geschilderten Zellformen künstlich zu erzeugen. Ich brachte zu dem Zwecke Glaskörper des Menschen, Schaafes oder Schweines in den Rückenlymphsack eines Frosches und liess sie dort ungefähr 18 Stunden verweilen. Die Substanz des *Corpus vitreum* zeigte sich dann von einer grossen Anzahl von Protoplasmakörpern durchsetzt, die, wie aus den Resultaten gleichzeitiger Injection von feinkörnigen Farbstoffen hervorging, als eingewanderte Lymphkörperchen des Frosches anzusehen waren; und diese zeigten nun alle jene mannichfachen Formen, welche wir oben aus dem normalen Glaskörper des Menschen kennen gelernt haben. Wir können deshalb mit aller Bestimmtheit behaupten, dass alle Zellen, die wir innerhalb der Glaskörpersubstanz antreffen, wie verschieden auch ihre Form sein mag, nichts weiter wie eingewanderte Lymphkörperchen sind, die ihre Gestalt der jeweiligen Beschaffenheit des Mediums, in welchem sie sich bewegen, verdanken. Sogar die Zellen mit Bläschen habe ich auf diesem Wege künstlich erhalten; allerdings immer nur in geringer Zahl, weil bei dem Verweilen des Glaskörpers im Lymphsack des Frosches schon nach 18 Stunden ein bedeutender Wasserverlust desselben durch Resorption eingetreten ist. Es ist also schwer, die für die Bildung der Bläschen maassgebenden Bedingungen hier zu erfüllen; es gelingt dies noch am leichtesten mit dem Glaskörper des Menschen, der an und für sich wasserreicher zu sein scheint, als der des Schaafes und Schweines. Die Bildung der Protoplasmafäden kann man dagegen Schritt für Schritt verfolgen, wenn man ein eingewandertes Lymphkörperchen einige Zeit beobachtet; man sieht daran auch deutlich, wie sich von Zeit zu Zeit von diesen Fäden kleine Protoplasmakügelchen abschnüren, die vollständig mit den oben beschriebenen und abgebildeten (Fig. 57 *c* und *d*) übereinstimmen. Lässt man die Glaskörper längere Zeit (etwa 48 Stunden lang) im Lymphsack liegen, so gelingt das Experiment nicht, da nun der grösste Theil der Vitrina resorbirt und nur noch eine kleine Menge zäher klebriger Substanz anzutreffen ist.

Ich muss hier noch einmal auf die kleinen Protoplasmakügelchen zurück kommen, deren Entstehung aus den Protoplasmafäden der Zellen durch Abschnürung man leicht verfolgen kann. Dieselben finden sich constant in verschiedener Zahl innerhalb des Glaskörpers und an den verschiedensten Stellen. Durch Tinction mit Carmin oder Anilin kann man fast überall in der Gallerte die Existenz solcher kleiner Protoplasmakügelchen nachweisen; sie liegen bald vereinzelt, bald reihenweise angeordnet, oft weit von ihren Mutterzellen entfernt. Ob sie noch Bewegungen ausführen, vermag ich nicht anzugeben. Die grösseren

kernlosen Protoplasmastückchen, denen man zuweilen im Glaskörper begegnet (Fig. 57 *e*) zeigen dagegen wohl unzweifelhaft amöboide Bewegungen.

Während im Glaskörper des Erwachsenen somit die eingewanderten Formelemente die merkwürdigsten Verzerrungen und Verstümmelungen in Folge ihrer Bewegungen in der eigenthümlichen Gallerte erleiden können, zeigen die Zellen, welche man im Glaskörper von Embryonen wahrnimmt, fast ausnahmslos eine kuglige oder spindelförmige Gestalt (Virchow (26), Kölliker (31), Wittich (29), Frey). Sternförmige anastomosirende Zellen kommen hier nur an der Aussenseite der Hyaloidea vor und stehen dieselben mit der Bildung des daselbst befindlichen embryonalen Gefässnetzes in Zusammenhang. Wahrscheinlich sind die rundlichen und spindelförmigen Zellen auch nur als eingewanderte Lymphkörperchen zu deuten. Auffallend bleibt dabei nur die Constanz ihrer Gestalt; dies beruht möglichenfalls auf einer anderen Beschaffenheit ihres Zellprotoplasma sowie der Grundsubstanz des embryonalen Glaskörpers.

Die vorstehende Beschreibung der zelligen Elemente des *Corpus vitreum* erwähnt, wenn wir absehn von den sternförmigen Formzuständen der im Glaskörper befindlichen Lymphzellen, nichts von sternförmigen Zellen. Und doch ist von einer grossen Anzahl von Forschern (v. Ammon (23), Meckel (34), O. Weber (41), Smith (53)) die Existenz solcher Formelemente und ihr Zusammentreten zu Netzen, in deren Maschen die Gallertsubstanz enthalten sei, mit aller Bestimmtheit behauptet worden. Solche Netze kommen aber nur an der Oberfläche der Hyaloidea und auch hier nur bei Embryonen vor. Die Beschreibungen von Zellennetzen im Innern des Glaskörpers haben wohl ihren Entstehungsgrund vorzugsweise in dem Bestreben, die Glaskörper-Gallerte einer bekannten Kategorie aus der Reihe der Bindesubstanzen einzureihen. Die Virchow'schen sternförmigen Bindegewebskörperchen und ihre Netze sind das Prototyp, nach welchem die Anhänger seiner Bindegewebstheorie die zackigen Zellformen des Glaskörpers deuteten, ihre Fortsätze zu Netzen in Verbindung brachten. Eine unbefangene Beobachtung, wie sie von Doncan (30), von Iwanoff (48) geübt wurde, vermochte nichts von diesen Zellennetzen zu sehn. Einen Vergleich mit dem Bau des Nabelstrangs, eines sog. Schleimgewebes, hält der Glaskörper nicht aus.

Virchow (26) beschrieb zuerst zellige Elemente aus dem Glaskörper von Embryonen, vermochte sie aber im Auge des Erwachsenen nicht aufzufinden. Kölliker (31) fand, wie Henle, solche Zellen in geringer Zahl auch bei Erwachsenen in der Nähe der Hyaloidea. Aber erst Iwanoff (48) verdanken wir eine genaue Kenntniss der Glaskörperzellen. Er irrt nur in der Deutung derselben, indem er die runden Zellen für »Bildungszellen« hält, aus welchen sich durch eine weitere Differenzirung die übrigen Formen entwickeln. Die mit Blasen versehenen Zellen werden von ihm den von Virchow aus dem Clivus beschriebenen Physaliphoren verglichen und in Beziehung zur Bildung der Glaskörper-Grundsubstanz, zur Schleimbereitung gebracht. Dieselbe Ansicht hat Doncan (30), der, wie Weber (41), ähnliche Physaliphoren beschreibt. Dass der Inhalt der Bläschen flüssig ist, zeigte dagegen Lieberkühn (62), und meine Beobachtungen haben das Auftreten der Vacuolen derselben auf einfache Imbibitionserscheinungen zurückgeführt.

Ritter (43) hat das Vorkommen von Zellen innerhalb des Glaskörpers vollkommen in Abrede gestellt und Ciaccio (57) behauptet neuerdings dasselbe, indem er nur die subhyaloidalen Zellen anerkennt.

Nach dem, was ich im Vorstehenden über die Zellen des Glaskörpers mitgetheilt habe, kann die Herkunft der Eiterzellen bei Entzündungen des Glaskörpers nicht zweifelhaft sein. Sie stammen aus den benachbarten Gefässen, sind eingewanderte farblose Blutzellen (Blix) (54), deren Wanderung in die Glaskörper-Gallerte hauptsächlich von den Gefässen des *Corpus ciliare* und der *Pa-*

pilla optici aus erfolgt. Man kann sich leicht von diesem Factum überzeugen, wenn man durch Einführung einer Nadel oder Einspritzung von Sublimat- oder Silbernitrat-Lösungen eine Eiterung erzeugt, nachdem zuvor Zinnoberkörnchen in's Blut eingeführt sind (Blix) (54). Die Zellen enthalten dann zum grössten Theil Körnchen des eingeführten Farbstoffs. Auch Pigmentkörnchen der Chorioides oder des Pigmentepithels der Retina nehmen sie auf ihrer Wanderung häufig mit. Bei dem gänzlichen Mangel fixer Bindegewebszellen innerhalb des Glaskörpers kann nicht an eine Abstammung der Eiterzellen aus solchen Elementen (O. Weber) (41) oder gar aus vermeintlichen Epithelzellen (Coccius) (40) gedacht werden.

Es ist hier der Ort, noch kurz die Frage zu berühren, in wie weit die aus dem Glaskörper beschriebenen Formelemente die entoptischen Erscheinungen erklären. Wir verdanken Doncan (30) eine genaue Vergleichung der mikroscopisch und entoptisch wahrgenommenen Formen. Derselbe fand als Substrat für die vereinzelt im Gesichtsfeld vorkommenden Ringe mit hellem Centrum die oben beschriebenen mit Blasen versehenen Zellen; er wies ferner nach, dass die entoptisch wahrzunehmenden Gruppen von Kügelchen in derselben Weise mikroscopisch sichtbar werden. Mit Körnchen besetzte Fasern verwerthet er für die Erklärung der unter dem Bilde von Perlschnüren erscheinenden *Mouches volantes*. Es ist nicht meine Absicht, an diesem Orte ausführlicher auf die von Doncan behandelte Frage einzugehn; man vergleiche darüber das betreffende Capitel des physiologischen Theils dieses Lehrbuchs.

Fragen wir schliesslich nach dem histologischen Werthe des Glaskörpergewebes, nach seiner Stellung in der Reihe der übrigen Gewebe, so müssen wir vor Allem seine Abstammung aus dem embryonalen Bindegewebe, die durch die Entwicklungsgeschichte ausser Zweifel gestellt ist, hervorheben. Das Glaskörpergewebe steht auch später dem Bindegewebe am nächsten, unterscheidet sich von allem anderen Bindegewebe aber vor Allem durch den Mangel fixer Zellen (Endothelzellen), sowie durch das Zurücktreten der Fibrillen und die Massenhaftigkeit der interfibrillären Substanz, die dann ihrerseits wieder durch ihren grossen Wassergehalt von der Kittsubstanz des fibrillären Bindegewebes sich unterscheidet. Es scheint mir die Annahme die einfachste, die ganze innerhalb der Hyaloidea zwischen ihr und der Membran des Centralcanals liegende Masse einem von einer Endothelscheide umhüllten primären Bindegewebsbündel gleich zu setzen. Nur ist der endotheliale Ueberzug ersetzt durch eine elastische Membran, die Hyaloidea, während im Innern die Fibrillen durch die ausserordentliche Zunahme der interfibrillären Substanz auseinander gedrängt und zerstreut sind.

Literatur des Glaskörpers

(mit Ausschluss der Zonula ciliaris).

1) Demours, Observation anatomique sur la structure cellulaire du corps vitré. Mém. de Paris. 1741.
2) Zinn, Descriptio anatomica oculi humani. Gotting. 1755.
3) Martegiani, Novae observationes de oculo humano. Neap. 1814.
4) Cloquet, Mémoire sur la membrane pupillaire et sur la formation du petit cercle arter. de l'iris. Paris 1818.
5) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. Band IX. S. 525. 1831.
6) Sömmerring, Ueber die Area Martegiana. Salzburger medicinisch-chirurgische Zeitung. 1833.
7) F. Arnold, Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. S. 96 ff. 1832.
8) G. Valentin, Zur Anatomie des Fötusauges der Säugethiere. v. Ammon's Zeitschr. für Ophthalm. Bd. III. 1833.
9) J. A. Giraldès, Etudes anatomiques sur les organs de l'oeil. Paris 1836.
10) Delle Chiaje, Osserv. anat. sull' occhio umano. Napoli 1838.
11) Hannover, Ueber die Netzhaut und ihre Gehirnsubstanz bei Wirbelthieren mit Ausnahme des Menschen. Müller's Archiv. S. 328, 336 und 340. 1840.
12) J. Henle, Allgemeine Anatomie. S. 331 ff. 1841.
13) Bidder, Zweiter Beitrag zur Anatomie der Retina. Müller's Archiv. 1841.
14) S. Pappenheim, Die specielle Gewebelehre des Auges. S. 179—184. 1842.
15) E. Brücke, Ueber den inneren Bau des Glaskörpers. Müller's Archiv. 1843.
16) E. Huschke, Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen. S. 735—749. 1844.
17) E. Brücke, Nachträgliche Bemerkungen über den inneren Bau des Glaskörpers. Müller's Archiv. 1845.
18) A. Hannover, Entdeckung des Baues des Glaskörpers. Müller's Archiv. 1845.
19) E. Brücke, Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. 1847.
20) Frerichs, Ueber Linsenstaare. Hannover'sche Annalen. 1848. (Chemische Zusammensetzung des Humor vitreus. S. 657.)
21) W. Bowman, Observations on the structure of the vitreous humor. Dublin quart. journ. of medic. science. 1848 (abgedruckt in: Lectures on the parts concerned in the operations on the eye London 1849).
22) R. Virchow, Verhandlungen der phys.-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Bd. II. S. 160—162.
23) v. Ammon, Archiv für Ophthalmologie. Bd. 4. 1851.
24) F. Leydig, Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. Müller's Archiv. S. 249. 1851.
25) A. Hannover, Das Auge. 1852.
26) R. Virchow, Notiz über den Glaskörper. Virchow's Archiv. Bd. 4. 1852.
27) R. Virchow, Ueber den menschlichen Glaskörper. Virchow's Archiv. Bd. 5. 1853.
28) Gerlach, Gewebelehre. 2. Auflage. S. 503. 1853.

29) v. Wittich, Verknöcherung des Glaskörpers. Virchow's Archiv. Bd. 5. 1853.
30) Doncan, De corporis vitrei structura. Utrecht 1854 und Nederlandsch Lancet. 3. Ser. 3. Jahrg.
31) Kölliker, Mikroscopische Anatomie. II. Band. 2. Abth. S. 713—720. 1854.
32) Lohmeyer, Beiträge zur Histologie und Aetiologie der erworbenen Linsenstaare. Zeitschr. für ration. Medicin. Neue Folge. 5. Bd. S. 63—69. 1854.
33) F. Finkbeiner, Vergleichende Untersuchung der Structur des Glaskörpers bei den Wirbelthieren. Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. 6. 1855.
34) Meckel, Ueber die sog. pyämische Ophthalmie. Annalen des Charité-Krankenhauses. 5. Jahrg. 1. Heft 1855.
35) R. Schneyder, Chemische Untersuchungen verschiedener Augen von Menschen und Thieren. Freiburg 1855.
36) H. Müller, Ueber die Arteria hyaloidea als ophthalmoscopisches Object. Archiv für Ophthalm. Bd. II. 1856.
37) Mens Fiers Smeding, Inteekening betreffende onze kennis van het oog. Dissert. Leiden 1858.
38) O. Weber, Ueber den Glaskörper. Virchow's Archiv. Bd. 16. 1859.
39) A. Coccius, Ueber Glaucom, Entzündung und die Autopsie mit dem Augenspiegel. S. 47—50. Leipzig 1859.
40) Coccius, Ueber das Gewebe und die Entzündung des menschlichen Glaskörpers. Leipzig 1860.
41) O. Weber, Ueber den Bau des Glaskörpers und die pathologischen, namentlich entzündlichen Veränderungen desselben. Virchow's Archiv. Bd. 19. 1860.
42) Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Virchow's Archiv. Bd. 19. S. 333—336. 1860.
43) C. Ritter, Beiträge zur pathologischen Anatomie des Auges nach Versuchen an Thieren. Archiv für Ophthalm. Bd. 8. Abth. 1. S. 53 ff. 1861.
44) H. Müller, Ueber die Netzhautgefässe von Embryonen. Würzburger naturw. Zeitschr. II. 1862.
45) E. Neumann, Eine neue Untersuchungsmethode des Glaskörpers. Virchow's Archiv. Bd. 23. 1862.
46) Coccius, Zur gröberen Anatomie des Glaskörpers. Zehender's klinische Monatsblätter. 1864.
47) Henle, Notiz über die Structurlosigkeit des Glaskörpers im Jahresbericht für 1864. S. 139. 1865.
48) Iwanoff, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Glaskörpers. Archiv für Ophthalm. Bd. XI. Abth. 1. S. 155—170. 1865.
49) C. Ritter, Zur Histologie des Auges. 2. Das Epithel der Hyaloidea. Archiv f. Ophthalm. Bd. XI. Abth. 1. S. 99 ff. 1865.
50) Henle, Eingeweidelehre. S. 674—677. 1866.
51) Iwanoff, Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Frosch-Glaskörpers. Medicin. Centralblatt. 1868.
52) Stilling, Zur Theorie des Glaucoms. Archiv für Ophthalm. Bd. XIV, 3. 1868.
53) Smith, Structure of the adult human vitreous humor. Lancet. Mai 1869.
54) Blix, Studier öfver Glaskroppen. Medic. Arkiv. 1869.
55) Iwanoff, Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. 1. Beiträge zur Ablösung des Glaskörpers. Archiv für Ophthalm. Bd. XV, 2. 1869.
56) Stilling, Eine Studie über den Bau des Glaskörpers. Archiv für Ophthalm. Bd. 15, 3. 1869.
57) Ciaccio, Beobachtungen über den inneren Bau des Glaskörpers im Auge des Menschen und der Wirbelthiere im Allgemeinen. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. Bd. X. Heft 6. 1870.

58) G. Schwalbe, De canali Petiti et de zonula ciliari. Habilitationsschrift. Halle 1870.
59) G. Schwalbe, Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. M. Schultze's Archiv. Bd. 6. Abth. II. 1870.
60) F. Merkel, Die Zonula ciliaris. Leipzig 1870.
61) Iwanoff, Glaskörper. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 1071—1079. 1871.
62) Lieberkühn, Ueber das Auge des Wirbelthierembryo. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissensch. zu Marburg. Bd. 10. 1872.
63) G. Schwalbe, Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der königl. sächs. Gesellschaft der Wissensch. 1872.
64) J. Michel, Ueber Füllung des Centralcanals des Glaskörpers. Tageblatt der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig. S. 172. 1872.

Vergleiche ausserdem noch die Handbücher von Kölliker und Frey.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



